

A. Pjorõskin • G. Falejev • V. Krauklis

FÜÜSIKA

VI
KLASSILE

Eesti Riiklik Kirjastus

A-22055
A. PJORÕŠKIN, G. FALEJEV ja V. KRAUKLIS

FÜÜSIKA ÕPIK

VI KLASSILE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1958

Originaali tiitel:

А. В. Пёрышкин, Г. И. Фалеев и В. В. Крауклис. Физика. Часть первая.
Учебник для 6-го класса семилетней и средней школы. Утвержден Министерством просвещения РСФСР. Учпедгиз, 1957.

Tõlge kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt.

2

Tartu Riikliku Olikooll
Raamatukogu

43169

ARHIIVKOGU

SISSEJUHATUS.

Kõik muutub meid ümbritsevas looduses.

Uhed muutused tekivad sõltumata inimese tahtest, teisi tekitab inimene ise oma töö ja tehnikaga.

Päev vaheldub ööga, öö päevaga. Selge, päikesepaisteline ilm vaheldub vihmasega. Vihmasaju ajal tekivad loigud. Möödub vihm, hakkab paistma päike ning loigud kaovad.

Terasetükist võib tehases valmistada mitmesuguseid esemeid: masinaosi, metalli-, puu- ja paberitöötlemise riistu jne.

Et loodus võiks inimest teenindada, on vaja teda tundma õppida.

Füüsika on vanimaid teadusi loodusest. Sõna „füüsika“ tuleneb kreekakeelsest sõnast *physis*, mis tähendab loodus.

Füüsikas nimetatakse iga eset füüsiliseks kehaks. Raamat, tindipott, pliiats, kriiditükk, tahvel, kivi — kõik need on füüsilised kehad.

Kõike seda, millest koosnevad füüsilised kehad, nimetatakse aineks. Raud, vask, puu, kummi, savi ja hapnik on näited ainetest.

Igasuguseid muudatusi, mis esinevad füüsiliste kehade juures, nimetatakse nähtusteks. Kivi langemine, vee keemine, välk, traadi soojenemine elektrivoolu mõjul — kõik need on näited füüsikalistest nähtustest.

Uurida mingit nähtust tähendab teha kindlaks, kuidas ja mispärast see nähtus toimub ja kuidas antud nähtus on seotud teiste nähtustega.

Selleks peame nähtust korduvalt vaatlema, kui võimalik, meile sobivais tingimustes taas tekitama, s. o. korraldama füüsikalisi katseid.

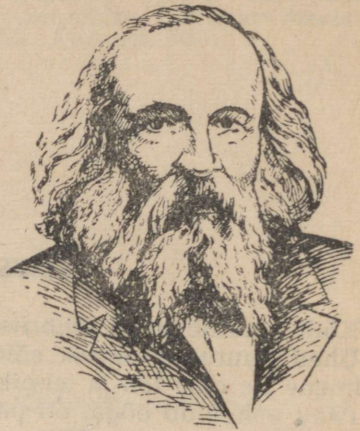
Füüsikas uuritakse mitmesuguste kehade liikumist, heli-, soojus-, elektri- ja valgusnähtusi ning selle aine väikseimate osade ehitust ja omadusi, millest koosnevad füüsilised kehad.

Need teadmised on väärtuslikud mitte üksnes omaette, vaid nad on vajalikud ka teiste loodusteaduste, näiteks keemia, bioloogia, botaanika, geoloogia arendamiseks.

Füüsika on looduse põhiteadus, sest kõigi muude teaduste areng sõltub tunduval määral füüsikaliste nähtuste tundmisest.



M. V. Lomonossov
(1711—1765)



D. I. Mendelejev
(1834—1907)

Eriti suur tähtsus on füüsika avastustel tehnikas.

Aurumasinad, sise põlemismootorid (vedur, traktor, tank jt.) on tehnika poolt loodud ainult soojusnähtuste hoolika tundmaõppimise tulemusena.

Elektrivalgustus, elektrimootorid, telegraaf, telefon, raadio ja palju muud on elektriliste nähtuste tundmaõppimise tulemus.

Kõik see, mis moodustab füüsikateaduse sisu, on loodud mitmesuguste maade ja rahvaste paljude tuhandete teadlaste visa tööga.

Suur teene maailma füüsikateaduse arengus kuulub meie kodumaistele teadlastele nii minevikus kui ka käesoleval ajal. Nii näiteks on maailm r a a d i o leiutamise eest tänu võlgu suurele vene teadlasele A. S. Popovile.

Lennuasjanduse kiire areng sai võimalikuks N. J. Žukovski geniaalsete tööde tõttu, keda V. I. Lenin nimetas „vene lennuasjanduse isaks“.

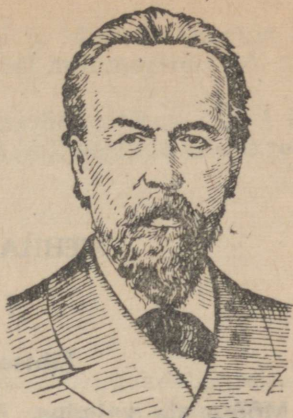
Kogu oma elu pühendas reaktiivsete mootorite arendamisele kuulus vene teadlane K. E. Tsiolkovski. Tsiolkovski tööd leidsid meie päevil praktilise kasutamise reaktiivsete mootoritega varustatud ülikiiireis lennukais. Kaardiväe reaktiivsed miinipildujad „katjuušad“ olid Suures Isamaasõjas vaenlasele Nõukogude armee hirmuäratavaiks ning ootamatuiks relvadeks.

Vene andekate teadlaste P. N. Jablotškovi ja A. N. Lodõgini töödega loodi elektrivalgustus, mida nii laialt kasutab inimkond.

Oma teaduslike avastustega said maailmakuulsaks vene teadlased M. V. Lomonossov, D. I. Mendelejev, P. N. Lebedev, kelle töödega tutvume edaspidi.



N. J. Žukovski
(1847—1921)



A. S. Popov
(1859—1906)

Eriti laialdase arengu osaliseks sai füüsika NSV Liidus. Meie maal on loodud palju teaduslikke instituute. Tuhanded nõukogude teadlased töötavad mitmesuguste füüsika-alaste küsimuste kallal, täiendades oma avastustega füüsikateaduse varasalve.

Nõukogude teadlaste — Roždestvenski, Krõlovi, Tšaplõgini, Joffe, Vavilovi ja paljude teiste nimed on tuntud kogu maailmale.

Meie maal — maal, kus sotsialism on tulnud võitjaks, maal, kus töötajad on ise oma elu peremehed, on teaduse ja tehnika osa väga suur. Teaduse ja tehnika saavutusi kasutatakse meil mitte üksikisikute rikastamiseks, nagu see on kapitalistlikes maades, vaid need saavutused teenivad kõigi töötajate huve. Selle tagajärjel paraneb kogu rahva elu.

Kommunistliku partei juhtimisel ehitasid Nõukogudemaa töötajad palju uusi linnu ja külasid, tehaseid, vabrikuid, elektri- jaamu, tuhandeid uusi koole, teatreid ja haiglaid. Praegusel ajal võtab kogu meie maa osa looduse ümberkujundamise teostamisest ja püstitab suurehitusi.

Õppides koolis füüsikat hästi, saate te teadmisi, mis aitavad teil saada edaspidi teadlasteks, insenerideks, tehnikuteks, meistriteks, üldse haritud inimesteks, millisel kutsealal te ka töötaksite.

MEHHAANIKA ELEMENTE

I peatükk.

Lihtsaimad mõõtmised.

1. Mõõtmiste vajadus. Elus tuleb meil teostada väga mitmesuguseid mõõtmisi. Mida me ka valmistaksime: olgu karbikest, raamaturiulit, mingi masina mudelit vms., teostame me tingimata mõõtmisi. Aga kui kiirustame, arvestame halvasti, mõõdame ebatäpselt, siis ei saa ka asja, hävib materjal ning asjata kulutatakse vaeva. Selliseid juhtumeid ju esineb!

Vene vanasõna ütleb: „Seitse korda mõõda, üks kord lõika“. See vanasõna pärineb iidsest ajast; tähendab, juba ammu mõistsid inimesed täpsete mõõtmiste vajadust. Meie elame kõrgelt arenenud tehnika ajastul, keerukaimate masinate ajastul, millede ehitamisel tuleb teha palju väga täpseid mõõtmisi. Seda oskame teha, kui õpime tundma füüsikat. Vaadeldes nähtusi ning korraldades katseid, teostab füüsik üheaegselt väga mitmekesiseid mõõtmisi.

2. Pikkuse mõõtmine. Mõõtes näiteks sammudega kodu kaugust koolist, võrdleme me seda kaugust oma sammu pikkusega. Sel juhul on meil samm pikkuse ühikuks. Kuid sel pikkuse ühikul on tõsine puudus. Ta puuduseks on sammu pikkuse ebaühtlus. Sammu pikkus mitmesugustel inimestel võib olla erisugune. See pärast üks ja sama pikkus, mõõdetuna mitmesuguste inimeste sammudega, väljendub mitmesuguste arvude abil.

Seda puudust võib vältida, kui lepime kokku võtta pikkuse ühikuks kaugus kahe kriipsu vahel, mis on kantud joonlauale. Nii määrati kindlaks pikkuse ühik — meeter.

Oletame, et mõõtes toa pikkust, meeter mahtus sellesse neli korda.

Mõõtmise tulemus märgitakse üles nii: toa pikkus on 4 m.

Tulemuste ülestähendamisel kirjutame arvu järele mõõduühiku nimetuse.

Kui me jätaksime ära mõõduühiku nimetuse ja kirjutaksime lihtsalt: toa pikkus on 4, siis oleks täiesti arusaamatu, mis selle ülestähenduse all tuleb mõista. Väljenduks ju sama pikkus mõõdetuna teistes ühikutes ka teise arvuga: sentimeetris — arvuga 400, detsimeetris — arvuga 40 jne.

Mõõtmise resultaati väljendatakse mitmesugustes ühikutes, olenevalt mõõdetava suuruse ulatusest ja mõõtmise eesmärgist. Näi-

teks on sobivam väljendada Leningradi ja Moskva vahelist kaugust kilomeetris, aga plekitahvli paksust millimeetris või millimeetri osades.

Tarvitatavamad pikkusühikud meetermõõdustikus on: 1 kilomeeter (lühendatult *km*) = 1000 meetrit (*m*); eesliide kilo (kreeka-keelne sõna) tähendab tuhat.

1 *m* = 10 detsimeetrit (*dm*),

1 *dm* = 10 sentimeetrit (*cm*),

1 *cm* = 10 millimeetrit (*mm*),

1 *mm* = 1000 mikronit (μ).

μ — kreeka täht müü.

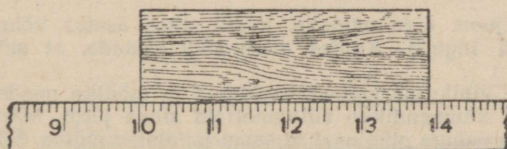
Eesliited: detsi, senti, milli — tulenevad ladinakeelsetest sõnadest: *decem* — kümme, *centum* — sada, *mille* — tuhat. Sõna mikron tuleneb kreekakeelsest sõnast *mikros* — väike.

1 μ = 1000 millimikronit (*m μ*).

Harjutus 1.

1. Mõõtke enda pikkus täpsusega kuni 1 *cm*. Tähendage üles mõõtmise tulemus ja kuupäev. Korrake mõõtmist õppeaasta keskel ja lõpul.

2. Kasutades oma käte, sõrmede ja muude kehaosade mõõteid, määrake ligikaudu kindlaks 1 *m*, 1 *dm* ja 1 *cm* pikkus.



Joon. 1. Pikkuse mõõtmine joonlauaga.

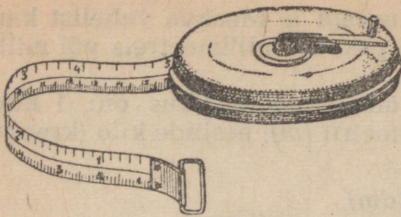
3. Joonlaud. Väikeste pikkuste mõõtmiseks kasutatakse joonlauda ehk, nagu seda sageli nimetatakse, mõõdupuu.

Eseme pikkuse mõõtmisel asetatakse mõõdupuu mõõdetavale esemele (joon. 1) nii, et mõõdupuu nullkriips¹ ühtiks punktiga, kust algab mõõtmine. Jaotuskriips, mis ühtib eseme teise punkti või otsaga, näitab mõõdetavat suurust. Joonlaudade kõige väiksemaks skaalajaotiseks on kõige sagedamini 1 *mm*.

Resultaadid tähendatakse üles kümnendmurdudes. Näiteks võib joonisel 1 tähendatud eseme pikkust üles kirjutada: 3,9 *cm*. Üldse kasutatakse mõõtmiste üleskirjutamiseks ainult kümnendmurde.

4. Mõõdulint. Tubade ja väikeste maatükkide mõõtmiseks ning paljudeks muudeks mõõtmisteks kasutatakse praktikas mõõdulinti — ruletti. Mõõdulint kujutab enesest tugevat riidest või tera-

¹ Kuna puust joonlaua otsad võivad olla rikutud, siis on parem mõõta, asetades eseme kuskile joonlaua keskossa, võttes nullkriipsuks ükskõik millise kriipsu, mis lõpeb nulliga.



Joon. 2. Mõõdulint.

sest linti, millel on meetri-, sentimeetri-, mõnikord ka millimeetrijaotised (joon. 2).

Mõõdulinte on 1, 2, 5, 10 ja 20 m pikkusi.

5. Pikkuse mõõtmise vead. Jämedaid vigu mõõtmisel esineb kõige sagedamini kahel põhjusel:

1) mõõdupuu ebaõigest asetusest mõõdetava eseme suhtes (joon. 3) ja

2) mõõtmise tulemusi lugeva silma ebaõigest asetusest.



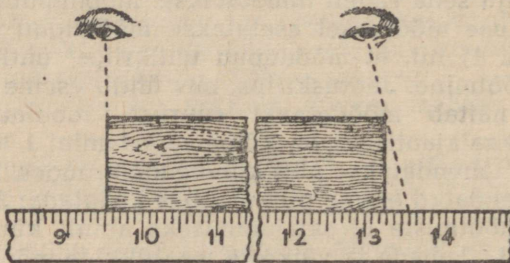
Joon. 3. Joonlaua ebaõige asetus.

Harjutus 2.

1. Vaadeldge joon. 4 ja näidake, kumb silma asetus võimaldab mõõtmise tulemust õigesti lugeda. Kuidas tuleb silm asetada, et mõõtmise tulemusi õigesti lugeda?

2. Joonistage vihikusse mõned sirglõigud ja mõõtke nende pikkused joonlauaga, hinnates kümnendikke millimeetreid silma järgi. Märkige resultaadid üles. Pärast seda paluge pinginaabrit samu joonlõike mõõta. Võrrelge mõlemate mõõtmiste tulemusi.

6. Laboratoorne töö nr. 1. Töö eesmärk — õppida mõõtma peenikeste traatide jämedust.



Joon. 4. Silma õige ja ebaõige asetus mõõtmisel.

Materjale tööks: peenikese traadi tükke, ümmargune pliats, joonlaud.



Joon. 5. Traadi jämeduse mõõtmine.

Tööjuhend:

1. Mähkige tihedalt pliiatsi ümber 20—30 keerdu traati (joon. 5).
2. Mõõtke mähitud pliiatsiosa pikkus.

Tehke seda tööd mitu korda, muutes iga kord keerdude arvu, ja saadud arvud kirjutage järgmisse tabelisse:

Jrk. nr.	Mähitud pliiatsiosa pikkus	Keerdude arv	Traadi jämedus	Keskmine resultaat
1				
2				
3				

Harjutus 3.

1. Kuidas saab millimeetriaotistega joonlauri abil ligikaudselt mõõta õpiku lehe paksust? Mõõtke see kodus.

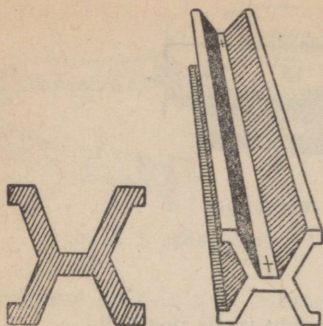
2. Mõõtke sammudega kaugus oma kodu ja kooli vahel ning väljendage see vahemaa meetrites. Selleks lugege mitu korda kooli minnes või koolist tules sammude arv. Mitmest mõõtmisest võtke keskmine.

Tehke kindlaks oma sammu keskmine pikkus. Mõõtke õuel 10 m vahemaa ja määrake mitmel korral, mitu teie sammu mahub sellesse vahemaasse, võttes arvesse ka sammu osad. Tulemus kirjutage tabelisse.

Väljendage kodu kaugus koolist meetrites ja kandke lõplik tulemus tabelisse:

Kaugus sammudes kodu ja kooli vahel	Sammu pikkus meetrites	Kaugus meetrites kodu ja kooli vahel

7. Teatmeid mõõtude ajaloost. Mõõdud tekkisid seoses inimese vajadusega mõõta ümbritsevate esemete suurust.



Joon. 6. Meetri etaloon (algmeeter).

Elamu ehitamisel, relva ja rõiva valmistamisel tapetud loomade nahkadest oli juba meie esivanemail vaja oskust määrata mitmesuguste esemete suurust.

Esimese mõõduühiku tekkimise aega pole võimalik kindlaks määrata isegi mitte ligikaudselt. See oli väga ammu. Sellest ajast on möödunud kümneid aastatuhandeid.

Milliste esemete pikkusi võtsid inimesed algul mõõduühikuteks?

Arusaadavalt võis inimene neid ühikuid võtta vaid loodusest ja kõigepealt võis ta kasutada oma keha mõõtteid.

Kuni meie ajani on säilinud nimetused sellistest mõõttudest, nagu küünar, arssin (võrdne ligikaudu ühe sammuga), jalg jt.

Mõistagi täpsustati hilisemal aegadel nende mõõttude suurusi, kuid nimetused osutavad nende tekkimisele.

Vanal Venemaal, enne revolutsiooni olid mõõduühikuteks: *arssin*¹, *süld*², *jalg* ja veel varem *küünar*. Inglismaal oli *foot* (loe: fut), Prantsusmaal *toise* (loe: tuaaz) jne. Selline mitmekesisus mõõttudes oli kaubanduses, eriti rahvusvahelises kaubanduses, ülimalt ebapraktiline. Tuli alalõpmata ühtedelt mõõttudelt üle minna teistele ja see üleminek oli mõnikord väga keerukas ning tülikas.

Mõte ühte rahvusvahelise mõõdusüsteemi loomisest tekkis ühenduses teaduse, tööstuse ja kaubanduse arenemisega. Ent sobimatuist, kuid külgeharjunud mõõttudest pole kerge loobuda. Kogu maa üleminek uuele mõõdusüsteemile on suur sündmus. Sellised sündmused võivad kergesti toimuda ainult revolutsioonide ajal, kui varisevad kokku vana eluviisi alused ja ühes nendega ka paljud inimeste harjumused.

XVIII sajandi lõpul, Prantsuse revolutsiooni ajal, mõttis teadlaste komisjon Pariisi läbiva Maa meridiaani pikkust. Komisjon tegi ettepaneku võtta selle meridiaani üks neljakümmeniljondik pikkusmõõdu ühikuks ja nimetada see meetriks³.

1799. aastal valmistati meetri esimene etaloon (näidis), niinimeetatud „arhiivmeeter“, selle järgi aga valmistati hiljem rida uusi meetri etaloone. Üks sellistest plaatina ja iriidiumi sulamist valmistatud varvakujulistest etaloonidest (joon. 6) võeti rahvusvahelise meetri prototüübiks⁴, millel 1-meetrine pikkus on piiritletud kahe peenikese joonega.

¹ arssin = 71,1 cm.

² süld = 7 jalg = 2,1 m.

³ Meeter tuleneb kreekakeelsest sõnast *metron* ja tähendab mõõt.

⁴ Prototüüp — kreekakeelne sõna — tähendab algkujut.

Selle etalooni koopiad, mis on valmistatud suure täpsusega, on olemas maailma paljudes riikides. Meil Nõukogude Liidus on kaks sellist koopiat — nr. 11 ja nr. 28.

Prantsusmaal võeti meetermõõdustik lõplikult tarvitusele 1940. a. Järk-järgult hakkas see levima kõigisse maadesse. Meil Nõukogude Liidus võeti see tarvitusele kohe pärast Oktoobri-revolutsiooni, ja alates 1926. a., vastavalt Rahvakomissaride Nõukogu dekreedile, on see ainsaks seaduslikuks mõõdusüsteemiks Nõukogude Liidus.

Hiljem tehti täpsemate mõõtmiste kaudu kindlaks, et pikkus kahe kriipsu vahel, mis on kantud etaloonile, ei ole täpselt võrdne meridiaani ühe neljakümnemiljondikuga, vaid on sellest ligikaudu 0,0856 mm võrra väiksem.

Kuidas võis see juhtuda? Kuidas me ka püüaksime mõõta mingit suurust, peame meele pidama, et me pole kunagi suutelised määrama selle täpset mõõtu. Mõõtmise täpsus sõltub mõõduriistade täpsusest ja paljudest muudest põhjustest. Sedamööda, kuidas arenevad teadus ja tehnika, paranevad meie mõõtmisviisid, täienevad meie instrumendid ja saadakse täpsemad mõõtmise tulemused. Omal ajal mõõdeti Maa meridiaan teadlaste poolt suurima täpsusega, mis sel ajal oli võimalik. Aga nüüd, sada aastat hiljem, võib seda täpsust veelgi suurendada. Sellepärast tekkiski lahkuminek Maa meridiaani mõõtmise tulemustes tolleaegsetel ja nüüdisaegsetel õpetlastel. Kas kaotab seepärast meetermõõdustik oma tähtsuse? Mitte sugugi.

Nüüdsel ajal määratakse meetrit kui pikkust, mis on märgitud joontega rahvusvahelisel etaloonil ja mida säilitatakse Sèvres'is (loe: seevr) Pariisi lähedal.

Selle etalooni Nõukogude Liidus olevad koopiad on mõõdetud 0° temperatuuril täpsusega kuni 0,001 mm, mille tulemused on:

etaloon nr. 11 on võrdne 999,995 mm;

" " 28 " " 1000,005 mm.

8. Pindalade mõõtmine. Pindala ühikuteks võetakse ruutude pindalad, mille külgede pikkuseks on 1 mm, 1 cm, 1 dm, 1 m jne. Selliseid ühikuid nimetatakse: ruutmillimeetriteks (lühendatult mm²), ruutsentimeetriteks (cm²), ruutdetsimeetriteks (dm²), ruutmeetriteks (m²).

Pole raske näha, et kui joonmõõtudest üks on teistest suurem 10 korda, siis neile vastavatest ruutmõõtudest üks on teisest suurem 100 korda:

$$1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$$

Maatükkide pindala mõõtmiseks tarvitatakse ühikuid:

$$1 \text{ hektar (ha)} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10\,000 \text{ m}^2;$$

eesliide hekto (kreekakeelne sõna) tähendab sada.

$$0,01 \text{ ha} = 1 \text{ aar (a)}$$

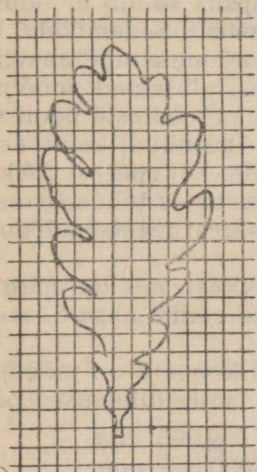
$$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$$

Maade, suurte järvede, merede ja ookeanide pindala mõõdetakse harilikult ruutkilomeetrites (km^2):

$$1 \text{ km}^2 = 1\,000\,000 \text{ m}^2.$$

Geomeetria reeglite järgi võib, mõõtes ristküliku, kolmnurga, ringi ja muude kujundite joonmõõteid, määrata nende pindalad.

Ent kasutades paberit, mis on joonitud ruutmillimeetriteks või mingeiks muudeks ruutühikuteks, võib määrata väiksema või suurema täpsusega mis tahes geomeetrilise kujundi pindala. Selleks on vaja mõõdetav kujund (joon. 7) asetada ruudulisele paberile ja tõmmata paberile ta kontuur. Lugesdes kokku ruudukesed, mis asetsevad kontuuris (ruudukeste osad seejuures hinnatakse silma järgi), ning teades ühe ruudukese pindala, võib kergesti ligikaudselt arvutada antud kujundi pindala.



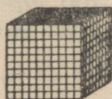
Joon. 7. Ruudulise paberiga pindala mõõtmine.

Harjutus 4.

1. Koolivihikus tarvitatava ruudulise paberi ruudukese küljed on $0,5 \text{ cm}$. Kasutades sellist paberit, mõõtke oma kinga talla pindala. Selleks asetage king ruudulisele paberile ja tõmmake pliitsiga talla ja kotsa ääri mööda joon. Võtnud kinga paberilt, loendage, mitu ruutsentimeetrit on talla ja kotsa pindala. Saadud arv märkige üles ja ülestähendused säilitage — seda on teil edaspidi tarvis.

2. Ütelge silma järgi, mitu teie klassi õpilast saab seista 1 m^2 pindalal. Kontrollige oma silmamõõdulist hinnangut katsega.

9. Ruumalade mõõtmine. Ruumala ühikuteks võetakse kuupide ruumalad, mille servade pikkus on 1 cm , 1 dm , 1 m jne. Selliseid ühikuid nimetatakse: **kuupsentimeetriteks** (lühen-



Joon. 8. 1000 mm^3 -ks jaotatud kuupsentimeeter.

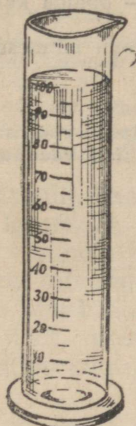
datult cm^3), kuupdetsimeetriteks (dm^3), kuupmeetriteks (m^3). Anumate mahtude ühikuks on liiter (lühendatult *l*).

Pole raske näha, et kui joonmõõtudest üks on teisest suurem 10-korda, siis neile vastavaist kuupmõõtudest üks on teisest suurem 1000 korda.

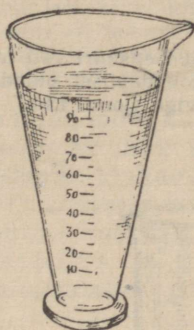
$$1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$



Joon. 9. Silindriline
menüür.



Joon. 10. Kooniline
menüür.

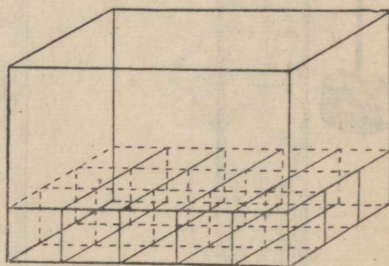
Vedelike ruumala mõõtmist toimetatakse eriliste anumate — menüüride abil, millele on märgitud jaotused; need näitavad valatud vedeliku ruumala kuupsentimeetrites.

Mensuurid on silindrilised (joon. 9) ja koonilised (joon. 10).

Kui mensuuriga mõõtma hakatakse, siis tehakse eelkõige kindlaks, mitmele kuupsentimeetrile vastab üks mensuuri jaotus, või, nagu öeldakse, määratakse ühe jaotuse väärtus.

Mensuuri jaotuse väärtus võib olla 1 cm^3 , 2 cm^3 ja 5 cm^3 .

Kasutades võtteid, mis on tuntud geomeetria kursusest, võib selliste kehade nagu kuup, risttahukas, silinder jne. joonmõõte mõõttes leida nende ruumalad (joon. 11).



Joon. 11. Risttahuka ruumala võrdub pikkuse, laiuuse ja kõrguse korrutisega.

Mensuuriga võib mõõta ka igasuguse kujuga väikeste kehade ruumala. Selleks valame mensuuri nii palju vett, et võiksime mõõdetava keha täielikult asetada vette (joon. 12). Märkinud jaotuse, milleni ulatub veepind, laseme mõõdetava keha mensuuri¹. Seejuures tõuseb veepind (joon. 13). Veepinna taseme muutuse järgi mensuuris võime leida vette lastud keha ruumala.

Joonisel 13-a on näidatud, kuidas tuleb vaadata silmaga, et lugeda mensuuri jaotusi õigesti.

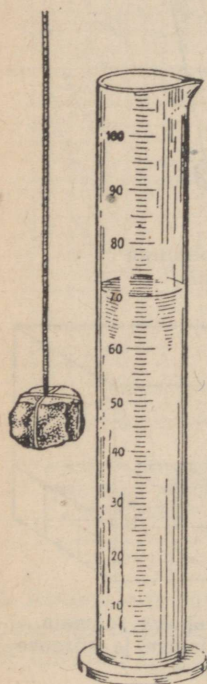
10. Laboratoorne töö nr. 2. Töö eesmärk — õppida kehade ruumalaid mõõtma mensuuri abil.

Katseriistu ja materjale: mensuur, kogu mitmesuguseid kehi.

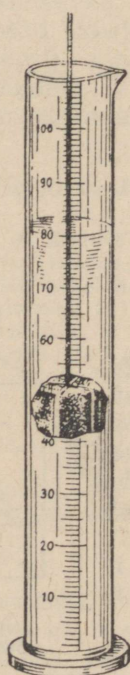
Tööjuhend.

1. Valanud mensuuri vett teatud tasemeni, määrake vee ruumala (joon. 12).

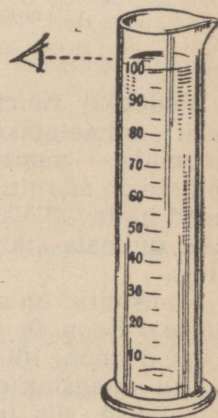
Jaotuste loendamisel pidada meeles, kuidas tuleb vaadata silmaga, et ei tekiks jäme viga (joon. 13-a).



Joon. 112. Mensuur, millesse on teatud jaotuseni valatud vesi.



Joon. 13. Vett sisaldavasse mensuuri on asetatud tahke keha, mille ruumala mõõdetakse.



Joon. 13-a. Silma asetus mensuuri jaotuste loendamisel.

¹ Kui ese ujub, torgata temasse sukavarras ja vajutada ta sellega vette.

2. Laske mensuuri peenikese niidi otsas ese, mille ruumala on vaja kindlaks määrata (joon. 13). Veepindade vahe järgi määrake keha ruumala.

3. Muutes veehulka mensuuris, korrake katset mitu korda ja arvutage ruumala keskmine väärtus.

Kui teil on mingi korrapärase kujuga geomeetriline keha, näiteks puuklots, arvutage selle keha ruumala, mõõtes tema pikkuse, laiuse ja kõrguse; võrrelge saadud ruumala suurust mensuuri abil määratud keskmise suurusega. Kas tulemused ühtivad?

Harjutus 5.

1. Valmistage kartongist või vineerist 1 cm^3 ja 1 dm^3 .

2. Valmistage mensuuri abil katseklaasist mõõteanum.

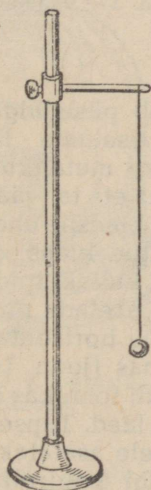
3. Mille poolest erinevad silindrilise mensuuri jaotused samasugustest jaotustest koonilisel mensuuril? Kuidas seletada seda vahet?

4. Mensuuri valati 200 cm^3 vett. Kui mensuuri lasti rauatükike, tõusis vesi jaotuseni, mis on tähistatud arvuga 250. Kui suur on rauatükikese ruumala?

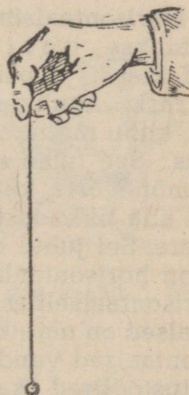
5. Mõtlege järele ja kirjeldage, kuidas on võimalik mensuuriga täpsemalt mõõta haavli ja vedelikutilga ruumala. Tehke vastavaid katseid.

11. Vertikaalsiht. Kinnitame statiivile niidi, mille külge on riputatud väike koormus, ja pöörame tähelepanu niidi sihile (joon. 14). Märkinud mingil viisil koormuse asendi, tõukame koormuse kõrvale. Pärast mõningat kõikumist võtab koormus endise asendi.

Sihti, mille võtab niit tema otsas rippuva koormuse mõjul, nimetatakse püst- ehk vertikaalsihiks, niiti ennast aga ühes tema külge seotud koormusega nimetatakse püstloeks (joon. 15).



Joon. 14. Koormus pingutab niiti.



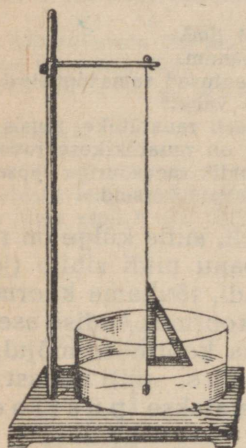
Joon. 15. Püstlood.

Lauale võib vertikaalselt asetada köidetud raamatu ja ta seisab. Tarvitseb vaid raamatut vertikaalasendist veidi kõrvale kallutada, kui ta kukub. Täpselt samuti võib ka seinakallak kutsuda

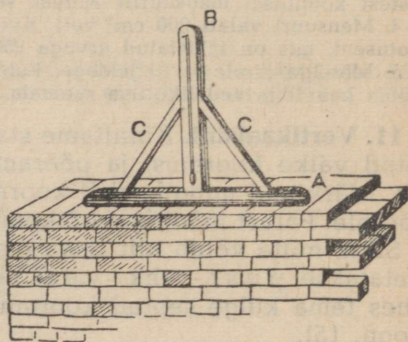
esile hoone kokkuvarisemise. Seepärast kasutatakse hoonete ehitamisel seinte, akna- ja ukseraamide vertikaalsihi kontrollimisel ja paljudel muudel juhtudel püstloodi.

Harjutus 6.

Valmistage püstlood ja kontrollige sellega, kas toa seinad, laua, tooli ja muude esemete jalad on vertikaalsed.



Joon. 16. Vertikaalsiht moodustab horisontaalsihiga täisnurga.



Joon. 17. Vaaderpass.

12. Horisontaalsiht. Sihti, mis moodustab püstsihiga täisnurga, nimetatakse horisontaalsihiks. Asetame lauale fotoplaadi klaasi ja paigutame sellele väikese metallkuulikesi. On väga raske kuulikest klaasile nii asetada, et ta jääks samasse kohta, kuhu me ta asetame, ega veereks klaasilt ühes või teises suunas. See tuleb sellest, et lauale asetatud klaas on peaaegu alati mõnevõrra kaldu. Kuulike veerebki kallakutpidi. Asetades klaasi alla tikkudest kiilukesi, võib klaasi asetada nii, et kuulike ei veere. Sel juhul on klaas asetatud lauale horisontaalselt. Vee-pind on horisontaalne küllaltki laias anumad (joon. 16).

Horisontaalselt asetsevaid pindasid leidub tehnikas sageli. Horisontaalsed on näiteks tubades põrandad ja laed. Täpselt samuti on horisontaalsed vundamentide pinnad, millele asetatakse masinad.

Ehitustöölised kasutavad horisontaalsihi kontrollimiseks niinimetatud puusepa vaaderpassi (joon. 17). Vaaderpass koosneb sirgest hõõveldatud puuliistust A, millele on täisnurga all kinnitatud lauake B, tugelega CC. Piki lauakest, täisnurga all liistu alumisele tahule, on joonestatud joon. Selle sirgjoone ülemise otsa kohale on kinnitatud püstlood. Kui liistu alus on horisontaalne, siis ühtib püstlood lauakesele joonestatud joonega.

Horizontaalsuse kontrollimiseks tarvitatakse ka teist riista — vesiloodi (joon. 18). See riist koosneb kergelt koolutatud klaastorust *B*, mis peaaegu tervenisti on täidetud veega, on jäetud ainult väike õhumullike *C*. Toru mis tahes asendis asub õhumullike selles kõige kõrgemal kohal. Klaastoru kinnitatakse puust või metallist alusele *A*. Vesilood ehitatakse nii, et aluse horisontaalse asendi puhul mullike asetseks toru keskpäigas, mis on tähistatud kriipsuga. Kui alus ei asetse horisontaalselt, siis mullike kaldub kõrvale.

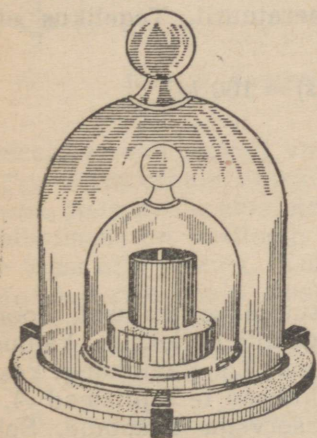
Joon. 18. Vesilood.



Vesiloega varustatakse paljud riistad, mida on vaja asetada kohale täiesti horisontaalselt.

Harjutus 7.

Valmistage vaaderpass ja kontrollige, kas laua, aknalaua, põranda jne. pinnad on horisontaalsed. Seejuures tuleb vaaderpass asetada mitmes suunas.



Joon. 19. Kilogrammi etaloon.

13. Keha kaal. Laseme kivi käest lahti, ta langeb maha. Sama juhtub ka iga muu kehaga, kui seda millegagi ei hoita.



Joon. 20. Liiter vett kaalub 1 kg.

Riputame keha niidi otsas toe külge; keha ei lange, ent niit tõmbub seejuures pingule.

Kui keha takistada langemast, asetades tema alla aluse, siis rõhub keha seda alust, mida on kerge kindlaks teha, kui panna käele mingi ese.

Pannes käele mitmesuguseid esemeid, märkame, et ühed neist rõhuvad nõrgemini, teised tugevamini.

Kõige kirjeldatu põhjuseks on Maa külgetõmbejõud — raskusjõud.

Jõudu, millega keha rõhub alusele või pingutab niiti, mille külge ta on riputatud, nimetatakse kaaluks. Kuna kõigil kehadel on kaal, nagu teame kogemustest, siis järelikult tõmbab Maa enda poole kõiki kehi.

14. Kaalu meetermõõdud. Meetermõõdustikus on kaalu mõõduühikuks võetud vihi kaal, mida nimetatakse kilogrammiks (lühendatult *kG*). Selle vihi etaloon (joon. 19) on valmistatud plaatina ja iriidiumi sulamist ja hoitakse alal Rahvusvahelises Mõõtude ja Kaalude Büroos. Selle täpsed koopiad on olemas kõigis kultuurriikides.

1 liiter on 1 *kG* puhta vee ruumala 4°C temperatuuril (joon. 20).

1 liiter on võrdne 1 dm^3 , ehk 1000 cm^3 ruumalaga.

Ühte tuhandikku osa kilogrammist nimetatakse grammiks (lühendatult *G*), ühte tuhandikku osa grammist aga milligrammiks (lühendatult *mG*).

Kuna ühes liitris on puhast vett 1000 cm^3 , siis kaalub üks kuup-sentimeeter puhast vett 4°C temperatuuril 1 *G**

Tuhat kilogrammi moodustab tonni (lühendatult *T**)

Et ühes m^3 -s on puhast vett 1000 dm^3 , siis on üks tonn ühe kuupmeetri puhta vee kaal 4°C temperatuuril. Tegelikus elus tarvitatakse sageli ühikut:

$$1 \text{ tsentner (lühendatult } Ts) = 100 \text{ kG.}$$

Harjutus 8.

1. Mitu grammi on 2,5 *kG*?
2. Mitu grammi kaalub 125 cm^3 vett?
3. Mitu kilogrammi on 3784 *G*?
4. Mitu grammi on ühes tonnis?

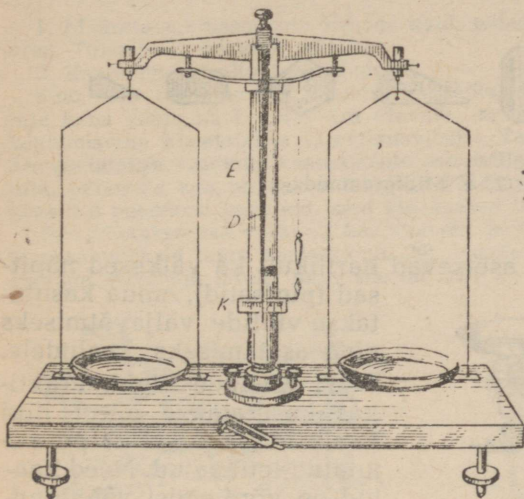
15. Kaalud. Kehade kaalumiseks kasutatakse kaalusid. Joonisel 21 on näidatud laboratoorsed kangkaalud. Selliste kaalude peamiseks osaks on *k a a l u k a n g* (joon. 22). Kaalukangi keskpaika ja otste sisse on tehtud kolmetahulised terasprismad *A*, *B* ja *C*. Keskmise prisma *C* on pööratud servaga allapoole. Selle servaga toetub kaalukang alusele *E*. Otsmised prismad *A* ja *B* on pööratud servaga ülespoole.

Kaalukangi keskele on kinnitatud osuti, mis võib liikuda piki jaotustega lauakest *K*, mida nimetatakse skaalaks.

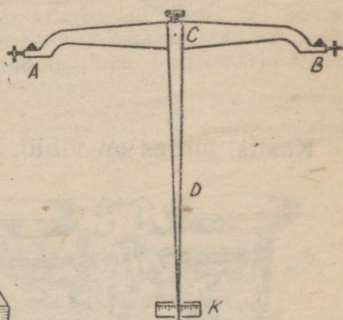
Otsmiste prismade *A* ja *B* servadele riputatakse kaalukaunid. Kui kaalud on õigesti korda seatud, siis kaalukangi parem õlg (keskmise prisma serva kaugus parempoolse otsmise prisma servast) peab võrduma vasaku õlaga; parempoolse kausi kaal peab

* Füüsikas tähistatakse kaaluühikuid gramm ja tonn (raskust) suure tähega: *G*, *T*. Matemaatikas, keemias, samuti igapäevases elus mõõdetakse kaalu massiga samade ühikutega — *g*, *t*. Tõlkija.

olema võrdne vasakpoolse kausi kaaluga. Koormuseta kaalukangi peab tasakaalustama nii, et osuti seisaks kaalu küljes oleva skaala keskel. Kui mõlemal kaalukaasil on võrdne koormus, siis jääb osuti seisma samuti skaala keskele, või kaalukangi kõiku-



Joon. 21. Kangkaalud.



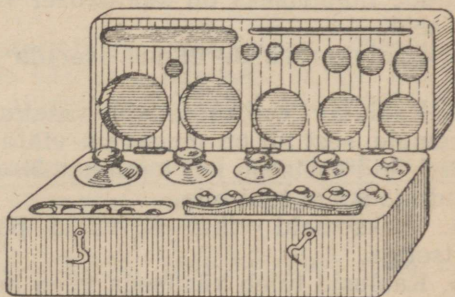
Joon. 22. Kaalukang.

misel eemaldub osuti vasakule ja paremale ühesuguse jaotuste arvu võrra skaala keskkohast. Et kaalumisel saada õigeid tulemusi, peab kaalu alus olema asetatud horisontaalselt, mille kontrollimiseks on püstlood; lood on asetatud kaalu toest paremale ja tema alla teravik. Kui püstlooe ots ühtib teravikuga, siis on püstlood risti kaalu alusega. Järelikult, alus sel juhul on asetatud horisontaalselt.

Keha kaalumise seisab selle keha kaalu võrdlemises vihi kaaluga, mis tasakaalustab antud eset.

16. Väiksemad kaaluvihid. Kaalude juures on kehade kaalumiseks väiksemate vihtide kogumid (joon. 23).

Joon. 23. Komplekt väiksemaid kaaluvihite.



Laboratooriumides võib leida tihti vihtide kogumeid järgmisel kujul:

- 1) 1; 2; 2; 5; 10; 20; 20; 50; 100; 200; 200; 500 G.
- 2) 500; 200; 200; 100; 50; 20; 20; 10 mG.



Joon. 23-a. Milligrammid.

Kastis, milles on vihid, asetsevad harilikult ka väikesed näpitsad (pintsetid), mida kasutatakse vihtide väljavõtmiseks ning asetamiseks kaaludele.



Joon. 24. Letikaalud.

17. Kaalude liigid. Praktikas kasutatakse mitut liiki kaalusid. Joonisel 24 on kujutatud letikaalud. Need kaalud on võrdlemisi vähetundlikud ja neid võib kasutada

ainult vähemtäpseteks kaalumisteks. Teaduslikeks kaalumisteks kasutatakse kaalusid, millel võib kaaluda kuni ühe kümnendiku milligrammi täpsusega.

Mõningatel juhtudel osutub ka see täpsus mitteküllaldaseks. Siis kasutatakse erilise ehitusega kaalusid, millel võib kaaluda veel suurema täpsusega.

Nüüdsel ajal on kaaludel, millel tuleb kaaluda raskeid esemeid, selline seadis, mille abil suuremat raskust võib tasakaalustada märksa väiksemakaaluliste vihtidega. Näiteks võib detsimaal-kaaludel 1 kG vihiga tasakaalustada 10 kG, tuhandik-kaaludel — 1000 kG.

18. Kaalumise reeglid. Õigete tulemuste saavutamiseks ja kaalude hoidmiseks on kaalumisel vaja pidada silmas mitmeid juhiseid.

1. Kaalukaussidele ei või asetada midagi märga ega määrdu-
nut.

2. Kaalutav ese asetatagu vasakule kaalukaussile, vihid aga paremale, sest nii on mugavam vihte kaalukaussile panna.

3. Vihid asetsegu kas kaalukaussil või kasti pesades; teisi kohti nende jaoks ei tohi olla.

4. Väiksemaid vihte ei võeta paljaste kätega, vaid ainult pintsetiga.

5. Kaalusid tuleb käsitseda väga hoolikalt.

19. Laboratoorne töö nr. 3. Töö eesmärk — õppida määrama mitmesuguste kehade kaalu.

Riistu ja materjale: kaalud, väiksemaid vihte, pintsetid vihtide jaoks, mitmesuguseid tahkete kehade tükke, piiritust, soolalahust, teeklaas, haavleid või liiva, tilguti.

Tööjuhend.

1. Määrata mitmesuguste kehade kaal, pidades rangelt kinni kaalumisjuhi-seist. Tulemused märkida tabelisse.

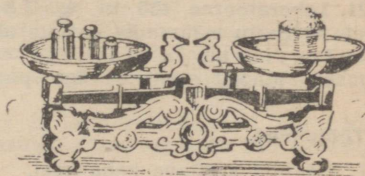
2. Kaalumine ebaõigete kaaludega.

Suur vene teadlane D. I. Mendelejev töötas välja viisi, mille abil saab mää-rata keha kaalu ka korrast ära olevate (mitteõigete) kaaludega. Seda kaalumisviisi nimetatakse tareerimisviisiks. Tareerimisviisil (joon. 25) kaalu-des asetatakse vasakule kaalukaasile ese, mille kaalu tahetakse kindlaks mää-rata, paremale aga pannakse teeklaas või purk, millesse puistatakse kuiva liiva või peenikesi haavleid, seni kui kaalud tasakaalustuvad.

Siis võetakse ese vasakult kaalukaasilt ja asemele pannakse vihid, et nad tasakaalustaksid taara kaalu (joon. 26). Nende vihtide kaal on võrdne eseme kaaluga. (Mõtelve järele, miks see nii on!)



Joon. 25. Keha kaal on tasa-kaalustatud taaraga.



Joon. 26. Taara on tasakaalustatud vihtidega.

Asetage vasakule kaalukaasile mingi väike ese (metallplaadike). Seega riku-takse kaalukausside tasakaal — kaalud muutuvad mitteõigeks. Teostage mingi keha kaalumine korrast ära olevate kaaludega tareerimisviisil.

Võrdluseks määrake sama keha kaal õigel kaaludel.

Harjutus 9.

Kaaluge oma keha ning märkige tulemus üles. Õppeaasta keskel ja lõpul korrake kaalumist.

20. Erikaal. Kogemustest teame, et ühesuguse mahuga, kuid mitmesuguseist aineist kehadel on erinev kaal. Rauttükk näiteks on raskem temaga ruumalalt võrdsest puutükist ja kergem sama-sugusest seatinatükist.

Kui mitmesuguseist materjalidest valmistada ühesugused (ruumalaga 1 cm^3) kuubikud, siis on nende kaal erinev. Nii kaa-lub 1 cm^3 rauda 7,8 G, 1 cm^3 alumiiniumi 2,7 G, 1 cm^3 korki 0,24 G, 1 cm^3 vett 1 G.

1 kuupsentimeetri aine kaalu grammides nimetatakse antud aine erikaaluks. Järelikult väljendub raua erikaal arvuga 7,8, alumiiniumil arvuga 2,7 jne.

Et teada saada mingi aine erikaalu, pole vajadust võtta seda

ainet tingimata 1 kuupsentimeetri ruumala suuruses. Võib võtta ka antud aine suurem tükk, määrata tema kaal ja ruumala ning saadud tulemuste järgi arvutada antud aine erikaal.

Kaalugu näiteks 20 cm³ malmi 146 G; 1 cm³ malmi kaalub 20 korda vähem, s. o. 146 : 20 = 7,3. See ongi tema erikaal.

Et oleks näha, et meil on siin tegemist aine erikaaluga, määrame saadud tulemuse järgmiselt: $7,3 \frac{G}{cm^3}$, kus lugejas on kaalu nimetus, nimetajas aga ruumala nimetus.

See nimetus eraldab teda kaalust, mida mõõdetakse lihtsalt grammidega, kilogrammidega jne.

Et määrata mingi aine erikaalu, on vaja selle aine kaal grammides jagada tema ruumalaga kuupsentimeetrites.

Lühidalt võib selle reegli üles kirjutada ka nii:

$$\text{erikaal} = \frac{\text{kaal grammides}}{\text{ruumala kuupsentimeetrites}}$$

21. Laboratoorne töö nr. 4. Töö eesmärk — õppida mitmesuguste ainete erikaalu määramist katsete abil.

Katseriistu ja materjale: kaalud, väikesed vihid, mensuur, mitmesuguseist aineist esemete kogu, piiritus ja vesi.

Tööjuhend.

1. Määrata uuritava keha kaal.
2. Määrata selle keha ruumala.
3. Arvutada, kui palju kaalub 1 cm seda ainet (see ongi ta erikaal).

Võtke kolm erineva mahuga piirituse hulka, kolm eri suurusega rauatükki, klaasitükki jne. Iga aine kolmest erikaalu väärtusest arvutage keskmine.

Kõik mõõtmise tulemused märkida tabelisse:

Aine nimetus	Katse nr.	Kaal grammides	Ruumala cm ³	Kui palju kaalub 1 cm ³	Erikaal	Keskmine erikaal
Piiritus	1					
	2					
	3					
Raud	1					
	2					
	3					
Klaas	1					
	2					
	3					
Puu	1					
	2					
	3					

22. Erikaalude tabel $\frac{G}{cm^3}$ -tes:

Tahked kehad	Vedelikud
Plaatina	Elavhõbe
Kuld	Väävelhape
Seatina	Piim
Hõbe	Vesi (4° C juures)
Vask	Merevesi
Raud, teras	Linaseemneõli
Inglitina	Petrooleum
Tsink	Nafta
Graniit	Piiritus (etüül-)
Alumiinium	Eeter (etüül-)
Klaas	Bensiin
Jää (0°)	
Puu	

Harjutus 10.

1. Kolmel rauast, vasest ja seatinast tehtud kuubikul on ühesugused mõõted. Milline neist on kõige raskem, milline kõige kergem?

2. Kolmel rauast, vasest ja seatinast tehtud kuubikul on ühesugune kaal. Millisel neist kuubikuist on suurim ruumala, millisel väikseim?

3. Mitu korda on raudkuulike raskem samasuguse ruumalaga alumiiniumkuulikesest?

4. Mispärast tehakse dirižaabli, lennuki ja auto paljud osad mitte terasest, vaid duralumiiniumist, millel on samasugune vastupidavus kui teraselgi?

(Duralumiiniumi erikaal on $2,7 \frac{G}{cm^3}$.)

5. Milline 200-grammistest vihtidest on ruumalalt suurem: rauast või portselanist? (Portselani erikaal on $2,5 \frac{G}{cm^3}$.)

6. Mensuuri valatud veesamba kõrgus on 10 cm. Kui kõrged on samasuguse kaalu ja diameetriga klaas- ja tsinksambake?

7. Kuni korgini täidetud kolbi mahub 1 kG vett. Kas on võimalik valada sellesse kolbi 1 kG petrooleumi, 1 kG väävelhapet?

8. Kas tugev inimene suudab tõsta üles 1 m³ korki? (Korgi erikaal on $0,24 \frac{G}{cm^3}$.)

9. Tükk metalli kaalub 540 G, selle tüki ruumala on 200 cm³. Millisest metallist on see tükk?

10. Jääpank kaalub 0° temperatuuril 900 kG. Kui suur on ta ruumala? Kui suure ruumala võtab enda alla vesi, mis tekib, kui jää sulab ja vee temperatuur tõuseb kuni 4° C?

11. Keha ruumala on V cm³, ta kaal on P grammi. Märkides tähega d erikaalu arvulise suuruse, avaldada erikaal kaalu ja ruumala kaudu.

23. Milliseid mõõtte kasutada ülesannete lahendamisel. Raua erikaal on $7,8 \frac{G}{cm^3}$. Tähendab, 1 cm³ rauda kaalub 7,8 G. Arvutame, kui palju kaalub 1 dm³ ja 1 m³ rauda.

Ühes dm³ on 1000 cm³, aga ühes m³-s on 1000 dm³ ja 1 m³ kaalub 1000 korda enam kui 1 dm³. Seepärast:

$$1 \text{ dm}^3 \text{ raua kaal} = 7,8 \text{ G} \times 1000 = 7800 \text{ G} = 7,8 \text{ kG},$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ raua kaal} = 7,8 \text{ kG} \times 1000 = 7800 \text{ kG} = 7,8 \text{ T}.$$

Me näeme, et 1 dm^3 ainet kaalub nii palju kilogramme, kui palju kaalub 1 cm^3 gramme või 1 m^3 tonne. Tähendab, kui meil on antud mingi aine erikaal, siis on meil ühes sellega teada, mitu grammi kaalub 1 cm^3 , mitu kilogrammi kaalub 1 dm^3 ja mitu tonni kaalub 1 m^3 seda ainet.

Harjutus 11.

1. Kui palju kaalub 1 dm^3 vaske?
 2. Kui suur ruumala on $4,2 \text{ T}$ liival, kui liiva erikaal on $1,4 \frac{\text{G}}{\text{cm}^3}$?
 3. Kõie tugevus võrdub 200 kG koormusele. Kas võib sellise kõiega tõsta terastala, mille ruumala on $0,5 \text{ m}^3$?
 4. Kui palju on vaja 1000 T nafta vedamiseks raudteetsistern, kui iga tsisterni ruumala (mahutavus) on 200 m^3 ?
 5. Dnepri elektrijaama ehitamiseks kulus $400\,000 \text{ m}^3$ liiva. Kui palju oli vaja platvormvaguneid selle liiva vedamiseks, kui igale platvormile pandi 15 T ? (Liiva erikaal on $1,4 \frac{\text{G}}{\text{cm}^3}$.)
 6. Traaler (kalapüügi laev), minnes püügile, mille kestus on kuni 20 päeva, võtab naftat kaasa 60 T . Millise mahutavusega peab olema punker (paak), et mahutada sellist naftahulka.
-

II peatükk.

TAHKETE KEHADE MÕNINGAID OMADUSI.

24. Tahke keha põhiomadused. Kivitükil, raudmutril, puukeral, terastrossil, pliiaatsikustutuskummil ja pliiaatsil, mis erinevad üksteisest välise kuju ja paljude muude omaduste poolest, on ühine omadus: neil on teatud kuju. On vaja jõupingutust, et seda kuju muuta.

Kõiki kehi, millel on see omadus, nimetatakse tahketeks kehadeks.

See tahkete kehade omadus annab võimaluse valmistada neist mitmesuguseid esemeid, masinaid ja masinate osi.

Me võime painutada õhukest terasplaadikest või puujoonlauda, kuid niipea kui plaadikese või joonlaua otsad lahti laseme, muutub nii üks kui teine sirgeks. Hoopis teistsugune on tulemus, kui koolutada tinaplaadikest. See jääbki kooldunuks.

Terasvedru võib kokku suruda ja välja venitada (joon. 27), kuid mõju lakkamisel võtab ta jälle endised mõõted. Laseme kukkuda lauale kummipalli. Löögist vastu lauda pall läheb lamedamaks ja võtab siis uuesti kera kuju. Palli kukkumine vastu lauda kutsus esile palli kuju muutuse. Sama nähtust võime tähele panna, kui laseme terasest või elevantiluust kuulikese kukkuda marmorplaadile, mis on kaetud tahmaga. Kuulikese pörkel vastu marmorplaati kuulike lamendub, mida võib näha tahma laigu järgi, mis jäi kuulikesele pärast pörget. Siis võtab kuulike uuesti oma endise kuju. Mida kõvemini kuulike kukub vastu plaati, seda rohkem ta muudab oma kuju, mida võime otsustada laigu suuruse järgi. Kui lasta marmorplaadile kukkuda seatina- või savi-kuulike, siis see jääbki pärast lööki lössi. Kergelt võib painutada ka klaasplaati, nagu painutati terasplaati, ja see läheb uuesti sirgeks. Kui me aga sooviksime seda painutada tugevamini, siis murdub see, nagu puruneb ka klaaskuulike, kui see visata marmorplaadile.

Surudes kokku, venitades või painutades tahket keha, me muudame ta kuju ja ruumala — deformeerime teda. Kehi, mis pärast sellist mõjutamist taastavad oma endise kuju, nimetatakse elastseiks (näiteks kummi, teras).

Kehi, mille juures deformatsioonid jäävad püsima, nimetatakse plastilisteks (näiteks savi, vaha, seatina).

Muid kehi, mis juba tühiste deformatsioonide puhul purunevad, nimetatakse rabe dateks (klaas).



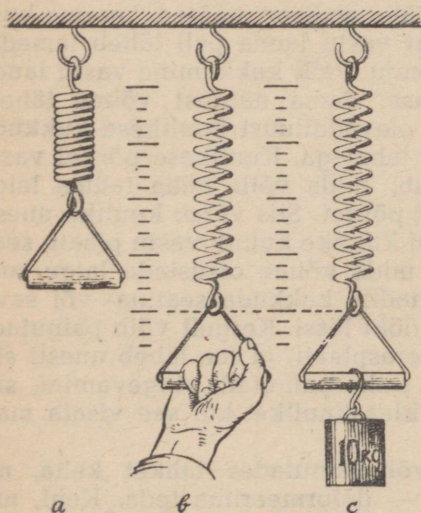
Joon. 27. Terasvedru surutakse kokku ja venitatakse välja.

25. Jõud. Selleks et tõsta koormust, nihutada lauda, lõigata plekki või tõmmata katki nõor, on vaja rakendada lihaste pingutust ehk, nagu tihti öeldakse, rakendada jõudu.

Nii kõneleme hobuse veojõust, mõistes selle all pingutuse astet, mida tunnevad hobuse lihased, kui hobune veab vankrit.

Me kõneleme veduri või traktori veojõust, nagu võrdleksime seda tõmmet oma lihaste pingutuse suurusega.

Lõpuks, vaadeldes külgetõmmet, mis on olemas Maa ja mingi keha vahel, mille tagajärjel keha langeb Maa peale või rõhub sellele, me ütleme, et Maa ja keha vahel on olemas külgetõmbejõud, raskusjõud.



Joon. 28.

Neil juhtudel, mil üks keha mõjutab teist — tõukab, tõmbab jne., me sageli ei näita, milline keha ja kuidas mõjutab teist, vaid ütleme lihtsalt, et antud kehale mõjub jõud. Ja kui mingi keha teise keha mõjutusel hakkas liikuma, jäi seisma või muutis kuidagi oma liikumist, siis räägitakse, et seda keha mõjutas jõud.

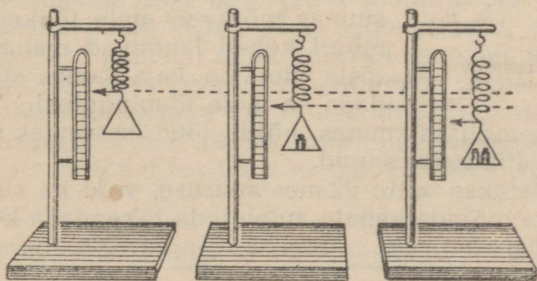
Kuidas on võimalik mõõta jõu suurust? Meie lihastunne pole niivõrd täpne, et oleks võimalik selle järgi otsustada jõu suuruse üle. See, mis ühele inimesele on kerge, tundub teisele raskena.

Jõudude mõõtmiseks tuleb neid võrrelda mingi jõuga, mida oskame küllaltki täpselt mõõta. Selleks jõuks võib olla näiteks keha kaal.

26. Jõu mõõtmine dünamomeetriga. Olgu meil tarvis mõõta käe jõudu. Selleks võtame vedru, kinnitame selle ühe otsa liikumatuks, ja võtnud kinni teisest otsast (joon. 28), hakkame seda venitama. Paneme tähele, millise pikkuseni venis vedru. Seejärel laseme vedru lahti ja sunnime teda uuesti sama pikkuseni välja venima, koormates teda vihtidega. Oletame, et vihi kaal, mis venitas meie vedru, on 10 kG , järelikult ka see jõud, millega me venitasime vedru käe abil, on samuti 10 kG .

Jõu mõõtmise riistu nimetatakse dünamomeetriteks (kreeka-keelsest sõnast *dünamis* — jõud). Need on mitmesuguse ehitusega. Nende peamiseks osaks on spiraal- või erikujulised metallist vedrud.

27. Vedru gradueerimine. Koormame rippuvat vedru (joon. 29), asetades selle külge kinnitatud kausile koormusi. Me märkame, et vedru pikeneb. Niipea kui koormuse ära võtame, lüheneb vedru, võttes esialgse pikkuse. Märkides ära vedru pikenedamise koormuse korral, näeme, et vedru pikkuse suurenemine sõltub koormusest. Kui näiteks 100-gramm ise koormuse puhul vedru pikenes



Joon. 29.

Joon. 30.

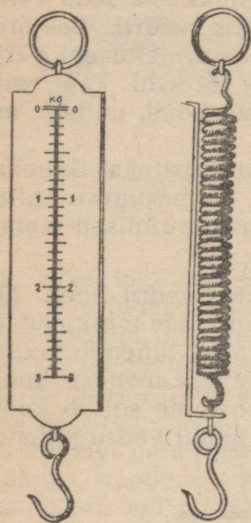
Joon. 31.

2 mm võrra (joon. 30), siis 200-gramm ise koormuse puhul vedru pikeneb 4 mm võrra (joon. 31), 300-gramm ise koormuse puhul 6 mm võrra. Mitu korda suureneb koormus, niimitu korda suureneb ka vedru pikenedamine¹.

Kinnitame vedru otsa külge osuti ja valmistame vedru juurde skaala. Vedru koormamisel langeb osuti piki skaalat. Märkides

¹ Igal vedrul on oma piirkoormus, mille ületamise korral, pärast koormuse äravõtmist, vedru ei taasta oma esialgset pikkust. Piirkoormuse ületamise korral pole vedru pikenedamine võrdeline koormuse suurenemisega. Seda fakti peab mõõduvedru gradueerimisel arvestama.

skaalal kriipsukestega kohad, kus peatub osuti, ja kirjutades sinna juurde arvud, mis vastavad koormuste raskusele grammides või kilogrammides, gradueerime oma vedru. Saame riista — dünamomeetri (joon. 32). Selline dünamomeeter võimaldab mõõta jõude tema skaala piirides.



Joon. 32. Dünamomeeter.

Harjutus 12.

1. Valmistada dünamomeeter, gradueerides kummipalmiku.

2. Vedru pikenes 300-grammise koormuse mõjul 9 mm võrra. Kui palju pikeneb vedru 400-grammise koormuse mõjul?

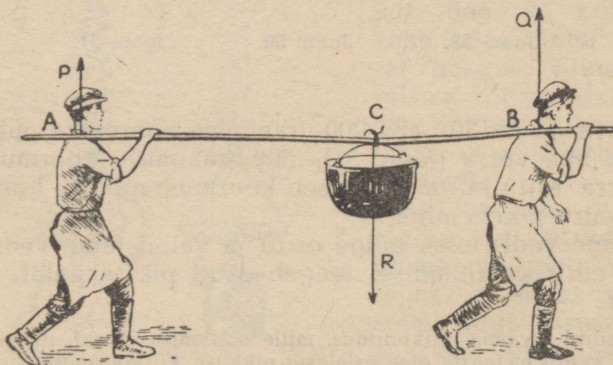
3. 600-grammise koormuse puhul oli vedru pikkus 200 mm, 400-grammise koormuse puhul aga 190 mm. Milline on vedru pikkus 500-grammise koormuse puhul?

4. 5-tonnise surve puhul lüheneb vaguni puhvi vedru 1 cm võrra. Millise jõuga surub vagun vastu põkatspukki, kui vedru suruti kokku 4 cm võrra?

28. Jõu graafiline kujutamine. Mõjudes vedrule ühes või teises suunas, me võime seda venitada või kokku suruda. Tõugates vankrikest, võib seda panna liikuma edasi või tagasi, olenevalt sellest, millises suunas mõjuvad meie tõuked. Raskusjõu mõjul kehad langevad maha, ja et keha tõsta üles, on vaja samas suunas rakendada ka meie jõupingutusi.

Tähendab, millises suunas mõjub jõud, sessamas suunas muutub ka keha liikumise suund.

Jõud eristatakse mitte üksnes suuruse, vaid ka suuna poolest. Et jõud võiks mõjuda kehale, tuleb teda rakendada keha ühes või teises punktis.



Joon. 33. Kaks inimest kannavad katelt vahepuuga.

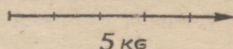
Näitlikuks kujutamiseks märgime jõudu noolega, kusjuures noole pikkus iseloomustab jõu suurust teatud mastaabis, noole suund — jõu suunda; punkt, millest joonestati nool, on jõu rakenduspunktiks.

Joonisel 34 kujutatakse jõudu, mis on võrdne 5 kG-ga, joonisel 35 aga poissi, kes veab koormat 5 kG jõuga.

Kaks inimest kannavad katelt vahepuuga (joon. 33). Millised jõud on rakendatud vahepuule? Üks jõud — katla raskus R — kisub alla; kaks teist jõudu P ja Q , mida rakendavad inimesed, on suunatud üles. A , B ja C on jõudude P , Q ja R rakenduspunktid.

Модул: — 1 кг

Joon. 34. Jõu graafiline kujutamine.



29. Rõhk. Pannud suusad alla, võime joosta lund mööda sellesse vajumata. Tarvitseb vaid jalast kaotada suusk, kui jalg vajub lumme. Seistes lumel suuskadel või suuskadeta, rõhume oma kaaluga lumele. Kuid ühel juhul jaotub keha kaal suuremale lumepinnale, mille võtsid enda alla suusad, teisel juhul märksa väiksemale pinnale, mida omavad saapatallad. Suuskade pind on umbes 20 korda suurem saapatallade pinnast. Suuskade kasutamisel tuleb lumepinna iga ruutsentimeetri kohta 20 korda väiksem koormus kui siis, kui seisame lumel suuskadeta. Teisiti öeldes, seistes suuskadel tekitame lumele väiksema rõhu ja me ei vaju sisse.

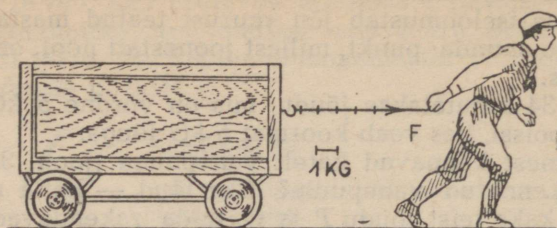
Rõhuks nimetatakse jõudu, mis mõjub aluse pindala igale ühikule pinnaga risti olevas suunas.

Kogu jõudu aga, mis mõjub mingile pindalale, nimetatakse rõhumisjõuks.

Rõhu ühikuks võetakse selline rõhk, mille tekitab 1-ga võrduv jõud, mõjudes pindala ühikule. Näiteks 1 kG ühele ruutsentimeetrile (lühidalt tähendatakse $1 \frac{kG}{cm^2}$) ehk 1 G ühele ruutsentimeetrile ($1 \frac{G}{cm^2}$).

Kui näiteks 100 cm^2 pindalale rõhub 300-kG-ne raskus, siis tuleb igale ruutsentimeetrile 3 kG ja me võime öelda, et rõhk on 3 kG 1 ruutsentimeetrile, mida tähistatakse nii: $3 \frac{kG}{cm^2}$.

Üks ja sama jõud tekitab erineva rõhu olenevalt pinna suuruselt, millele ta mõjub. Näiteks, kui asetada telliskivi laiemale



Joon. 35. 5-kilogrammise jõu graafiline kujutamise.

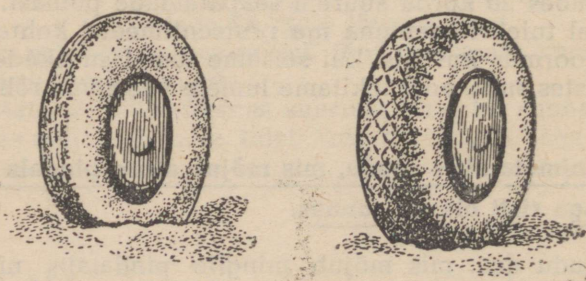
tahule, siis jaotub kivi 4-kilogrammiline raskus 350 cm^2 -le laiema tahu pindalale ja rõhk võrdub:

$$\frac{4000 \text{ G}}{350 \text{ cm}^2} \approx 11,4 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2} .$$

Kui sama telliskivi asetada pikale kitsale tahule, mille pindala on ligikaudu 175 cm^2 , siis on rõhk ligikaudu $22,8 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.

Asetanud sama telliskivi lühikesele (otsmisele) tahule, mille pindala on ligikaudu 84 cm^2 , saame rõhu umbes $47 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.

Tähendab, et vähendada mingi koormuse rõhku toele, tuleb suurendada toetuspinda.



Joon. 36. Normaalne balloon ja üliballoon.

Sõiduauto rattakummi laius on 8—10 cm. Veoautol ja autobussil on kummid märksa laiemad ja rattaid on mitte neli, vaid rohkem. Nii jaotatakse auto kaal suuremale toetuspinnale. 1933. a. nõukogude tehastes valmistatud autode kontrollimisel läbisid autod pika tee, kusjuures osa teed kulges läbi Kara-Kumi kõrbe liiva. Eriti kergesti ületasid liiva autod, mis olid pandud laiadele kummidele — „üliballoonidele“ (joon. 36).

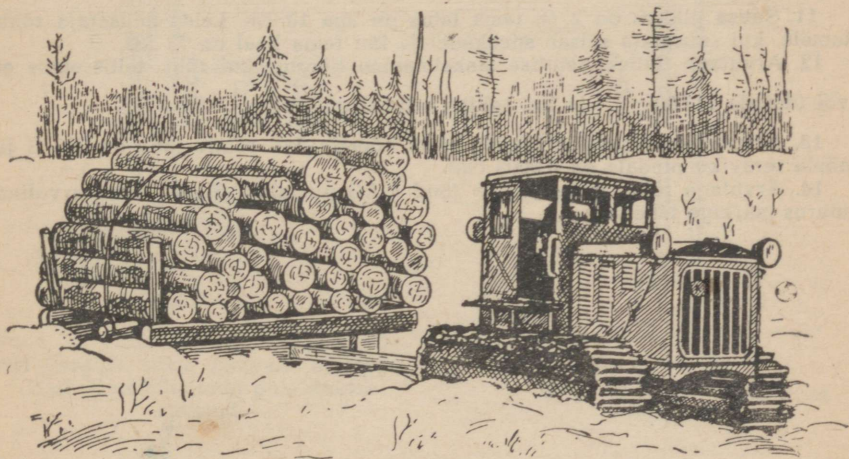
Täpselt samuti on ka raudteetranspordis raskeil vaguneil mitte kaks paari rattaid, mitte kaks telge, vaid suurem arv telgi, olevalt vaguni kaalust.

Vähendades toetuspinda, võib sama rõhumisjõu juures rõhku tunduvalt suurendada. Näiteks rõhknaela terav ots läheb kergesti puusse ka kergel vajutusel, sest teraviku pind on väga väike ja piisab kergest vajutusest, et tekitada suurt rõhku. Kuid mingile pinnale tekitatav rõhk sõltub ka jõu suurusest. Mida suurem on jõud, mis mõjub antud pinnale, seda suurem on ka rõhk. Nii näiteks tekitab 300-kG-ne jõud, mõjudes 100 cm²-lisele pindalale, rõhu 3 $\frac{kG}{cm^2}$ -le, 500-kG-ne jõud aga tekitab samale pindalale rõhu

$$\frac{500 \text{ kG}}{100 \text{ cm}^2} = 5 \frac{kG}{cm^2}.$$

Harjutus 13.

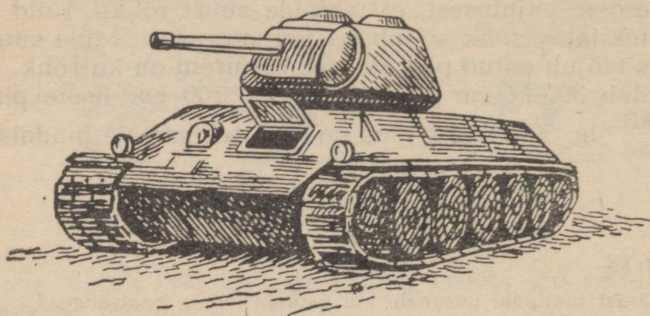
1. Mispärast toolipõhi puruneb, kui astuda temale kotsadega?
2. Mispärast põllutöömasinail tehakse rattad laiade põidadega?
3. Mispärast läheb raudlabidas, kui ta peale vajutatakse jalaga, kergemini maasse kui puulabidas sama suure surve puhul?



Joon. 37. Lintraktor.

4. Millal tekitate jääle suurema rõhu, kas seistes uiskudel või ilma, ja miks?
5. Kas 5-kilogrammise koormusega võib tekitada rõhku 10 $\frac{kG}{cm^2}$, 50 $\frac{kG}{cm^2}$?
Kuidas seda teha?
6. 10-kilogrammiline viht on laual. Kui suure rõhu tekitab see viht lauale, kui vihi põhja pindala on 50 cm²?
7. Teades oma kaalu ja saapatalla pindala (vt. harjutus 4), määrake, millise rõhu tekitate kõndides.
8. Millal tekitab inimene põrandale suurema rõhu, kas seistes või käies?
9. Lintraktoril (joon. 37), kaaluga 2200 kG, on mõlema lindi toetuspindala 6400 cm². Tehke kindlaks traktori rõhumine maapinnale.

10. Tank kaalub 30 T (joon. 38). Kummagi lindi toetuspindala on $40\,000\text{ cm}^2$. Tehke kindlaks tanki rõhumine maapinnale ja võrrelge seda rõhumisega, mida teie tekitate kõndides.



Joon. 38. Tank.

11. Suusa pikkus on 2 m, tema laius on aga 10 cm. Leida suusataja rõhk lumele, kui suusataja seisab suuskadel ja kui tema kaal on 72 kG.

12. Arvutage telliskiviehitise maksimaalne kõrgus, kui rõhk tellisseinas ei või ületada $11\,000 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$ ja kui tellise erikaal on $1,84 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.

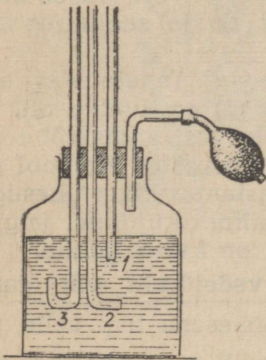
13. Arvutage rõhk, mille tekitab sõrm nõelale, kui rõhuv jõud on 300 G ja nõela teraviku pindala on $0,0003\text{ cm}^2$.

14. Arvutage rõhk, mille tekitab jõud $F\text{ kG}$ pindalale $S\text{ cm}^2$. Rõhu arvuline suurus märkige tähega p .

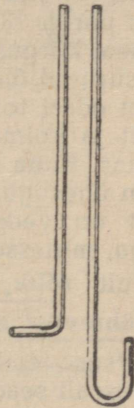
III peatükk.

VEDELIKUD JA GAASID.

30. Rõhu edasiandmine vedelikkudes ja gaasides. Presendist veevoolik, kuni ta pole täidetud veega, näeb välja lameda lindina. Kui aga voolik ühendada veevärgiga, siis ta, täitudes järk-järgult



Joon. 39. Purk veega on tihedalt suletud korgiga, mida läbivad neli torukest. Kummiballoon pole kokku surutud.

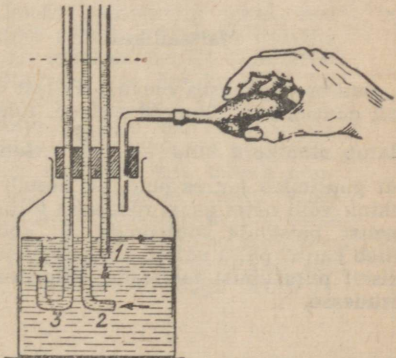


Joon. 40. Kaks kõverdatud torukest.

veega, võtab lõpuks silindrilise kuju. Kui vooliku seinas on auguke, siis purskab sellest vett, ükskõik kus ka auguke asuks — kas ülal või küljel.

Vesi, tulles surve all veevärgist, rõhub voolikut täitvale veele ja see rõhumine antakse edasi vooliku seintele.

Joon. 41. Kummiballoon on kokku surutud. Vesi kolmes torukeses tõusis ühele ja samale kõrgusele.





Blaise Pascal (1623—1662).

Jalgpalli õhukumm, mis on täidetud õhuga, on kerakujuline. Kui sellesse pumbaga veel õhku juurde suruda, siis venivad õhukummi seinad kokkusurutud õhu rõhu all, kuid mitte ainult sisseviiva ava vastas, vaid igal pool. Palli kuju jääb endiseks — kerakujuliseks.

Teeme järgmise katse. Võtame klaaspurgi, mis on täidetud kolmveerandi kõrguseni veega. Suleme purgi tihedalt korgiga, millest paneme läbi neli klaasitorukest (joon. 39). Neist kolm ühesuguse diameetriga torukest vajutame vette, neljanda aga ühendame kummiballooniga. Kaks vees olevat torukest peavad olema koolutatud, nagu näidatud joonisel 40.

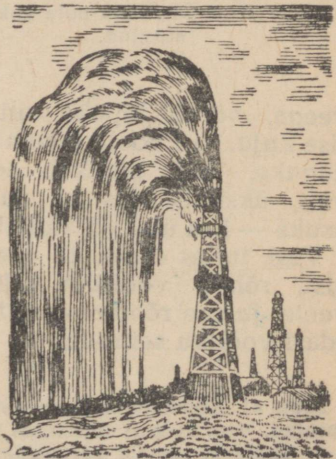
Kui kummiballooni pigistada, siis näeme, et vesi tõuseb kolmes torukeses purgis oleva vee tasemest kõrgemale, seejuures kõigis ühesugusele kõrgusele (joon. 41).

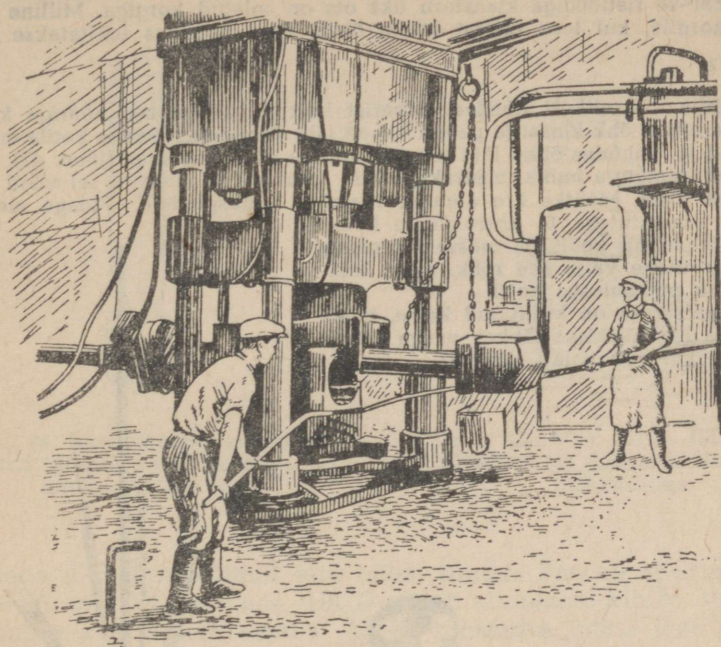
Kokkusurutud õhk rõhub purgis oleva vee pinnale. Vesi annab selle rõhu edasi torudesse. Üks torudest (1) on avatud alt, teine (2) küljelt ja kolmas (3) ülalt. Tähendab, vesi andis rõhu edasi igas suunas. Kuna aga veesambakestel torukestes ülalpool purgi nivood on ühesugune kõrgus, siis on edasiantav rõhk ühesugune. Seepärast on veega täidetud voolik silindrikujuline, jalgpallikummi aga, millesse on pumbatud õhku, on kerakujuline.

Järelikult rõhk, mis on tekitatud vedelikule või gaasile, antakse ühteviisi edasi igas suunas. Esimesena tegi selle järelduse prantsuse teadlane Pascal (l.: paskaal), seepärast seda nimetatakse Pascali seaduseks.

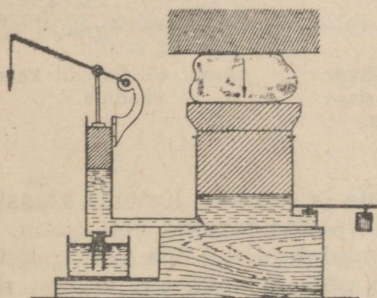
Naftaallikas.

Suures sügavuses olevast naftast eralduvad gaasid, mis rõhuvad naftale. Rõhumine ulatub mõnikord kuni $100 \frac{kG}{cm^2}$. Seepärast, kui puurimise juures puurauk ulatub naftakihini, võib nafta gaasi rõhumise tõttu puuraukust paiskuda fontaanina. Et seejuures läheb kaotsi palju naftat, siis püütakse praktiliselt purskumist takistada, sulgedes nafta torudesse.





Hüdrauliline press.



Pressi skeemil on näidatud kaks silindrit — kitsas ja lai —, mis omavahel on ühendatud. Silindrid on suletud kolbidega. Väikese kolvi tõusmisel tuleb kitsasse silindrisse vesi. Kui nüüd rõhuda väikesele kolvile, siis antakse sellele tekitatud rõhumine vee kaudu edasi ka suurele kolvile. Kuna suure kolvi pindala on mitu korda suurem väikese kolvi pindalast, siis ka jõud, mis mõjub suurele kolvile, on mitu korda suurem jõust, mis mõjub väikesele kolvile. Joonisel kujutatud tehase hüdraulilise pressi suur kolb töötab jõuga 14 000 T.

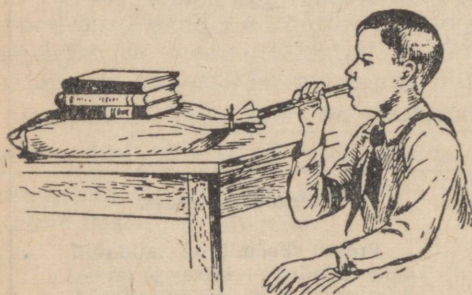
Harjutus 14.

1. 3-cm²-se ristlõikega klaastoru üks ots on suletud korgiga. Milline jõud mõjub korgile, kui toru teisest otsast õhku sisse puhudes tekitatakse rõhk

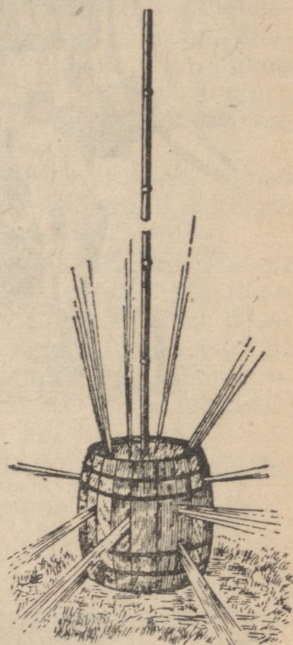
$$20 \frac{G}{cm^2}?$$

2. Võtke võimalikult tihedast paberist kott ja siduge see nõoriga klaastoru otsa nii, et õhk klaasi ja paberi vahelt läbi ei pääseks. Pange kotile mõned raamatud ja, puhudes õhku läbi toru, kergitage raamatud üles (joon. 42). Suurendades raamatute hulka, määrake nende suurim arv, mida te sel viisil suudate üles tõsta. Mõõtke ära alumise raamatu toetuspindala. Pidage meeles, milliste raamatutega te korraldasite katse. Tooge raamatud kooli, ja määranud nende kaalu, arvutage välja see rõhk, mille tekitasite õhu puhumisega kotti.

3. Joonisel 43 on kujutatud katse, mille korraldas Pascal. Miks lõhkes veega täidetud vaat, kui vett valati torusse?



Joon. 42. Paberkotile on pandud mõned raamatud, ja puhudes läbi toru kotti sisse õhku, kergitab poiss raamatud üles.

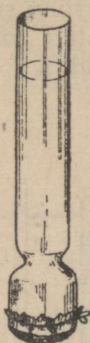


Joon. 43. Pascali katse vaadiga.

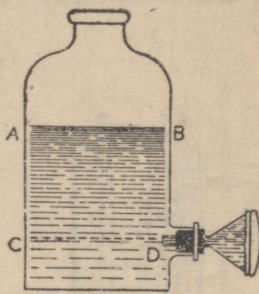
31. Vedeliku rõhk anuma põhjale ja seintele. Katame klaastoru ühe otsa kummikelmega kinni ja valame torusse vett (joon. 44). Me märkame, et kummist põhi kooldub alla. Mida kõrgema veekihi valame, seda enam kooldub põhi ja seda suurem on rõhk põhjale. Vedelikel, nagu kõigil kehadel Maa peal, on kaal, ja on täiesti arusaadav, et nad selle tagajärjel rõhuvad nõu põhjale.

Katame leetri õhukese kummiga pealt kinni ja asetame ta pudeli alumisesse avasse (joon. 45). Valades pudelisse vett, märkame, et kumm tõmbub pingule, ja kooldudes väljapoole, näitab vedeliku rõhumist anuma külgmisele seinale. Tähendab, vedelik,

valatuna anumasse, rõhub mitte üksnes põhjale, vaid ka anuma külgsseitele.



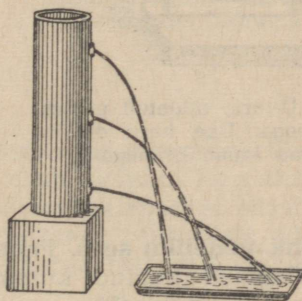
Joon. 44. Kummikelme, millega on kaetud klaastoru ots, kooldub, kui torusse valada vett.



Joon. 45. Vee surve tõttu venib välja anuma külgmist ava sulgev kummikelme.

Seda oleksime võinud ette näha, tundes Pascali seadust. Tõepoolest, vedelikusammas *ABCD* rõhub alumisele kihile. Vedeliku alumine kiht annab samba *ABCD* rõhumise edasi igas suunas, järelikult ka külgsseitele.

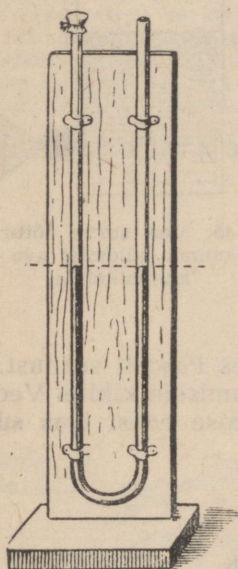
Joon. 46. Anum külgmiste avadega, millest purskub vett.



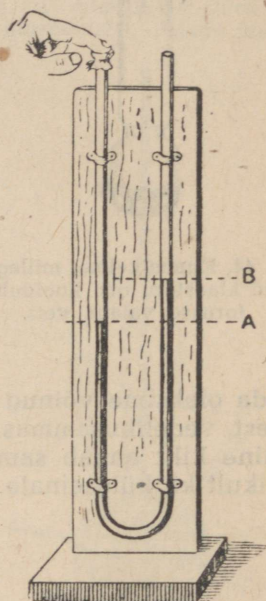
Võtame anuma, mille seinasse on tehtud mitmesugusele kõrgusele avad (joon. 46). Täidame anuma veega. Avadest purskuvad veejoad. Mida madalamal on ava, seda kõrgem on veesammas ava kohal, seda kaugemale purskub juga. Vedelikusamba rõhk on seda suurem, mida kõrgem on vedelikusammas.

32. Manomeeter. Võtame klaastoru, mis on painutatud U-kujuliselt (siit nimetus — U-toru). Valame sellesse poolest saadik vett ja seome ühe otsa kummikelmega kinni (joon. 47). Kui rõhuda

sõrmega kelmele, tõuseb vee tase teises harus (joon. 48). Mida suurema rõhu tekitab kelmele, tähendab, õhu kaudu ka vedelikule selles harus, seda kõrgemale tõuseb vedelik teises harus. Vedelikusamba *AB* kõrguse järgi võib otsustada rõhu suuruse üle. Sellist vedelikuga U-kujulist skaalaga varustatud toru nimetatakse manomeetriks — riistaks, mis mõõdab rõhku.



Joon. 47. U-toru, täidetud poolest saadik veega. Ühe haru ots on suletud kummikelmega.



Joon. 48. Sõrm rõhub kelmele — vee tase vasakus harus on märgitud tähega *A*, paremas aga tähega *B*.

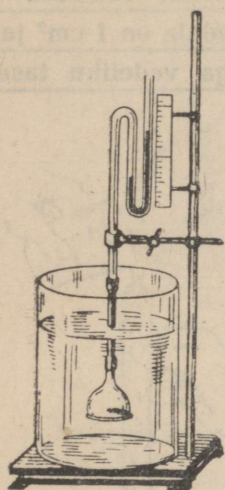
33. Rõhk vedeliku sees. Paneme vedeliku sisse väikese lehtri, mis on tihedasti kaetud kummikelmega ja ühendatud väikese manomeetriga (joon. 49).

Andes lehtrile mitmesuguseid asendeid, märkame, et vedelik rõhub mitte ainult ülalt alla, vaid on olemas ka rõhk alt üles ja rõhk külgedelt (joon. 50). Mida sügavamale on lehter vajutatud, seda suuremat rõhumist näitab manomeeter. Rõhk vedeliku sees suureneb sügavuse suurenemisega.

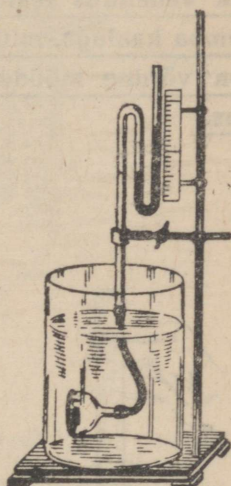
Laseme klaaspurki, milles on vett, klaastoru, mille alumine ots on kaetud kartongiga¹ (joon. 51-a). Toru vette laskmisel surub veerõhk kartongi alt üles tihedasti vastu toru ääri.

¹ Kartong on vaja stannioliga üle kleepida, et ta vajuks põhja.

Hakkame torusse aegamisi vett valama. Näeme, et kartong läheb toru küljest lahti, kui vedeliku tase torus ühtib vedeliku tasemega purgis (joon. 51-b). Eraldumise momendil rõhub kartongile ülalt vedelikusammas, mis on torus, alt aga rõhub vedelik, mis on purgis. Kuna kartong sel juhul eraldub klaasist, siis võime järeldada, et mõlemad rõhud on omavahel võrdsed, kartong aga eemaldub klaasist oma raskuse tõttu.



Joon. 49. Vedelikmanomeeter on ühendatud lehriga, mis on üle tõmmatud kummikelmega.



Joon. 50. Kummikelmega lehter on vedelikus pööratud küliti.

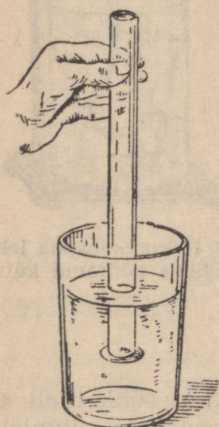
Tähendab, ühes ja samas sügavuses on vees rõhk ülalt alla ja alt üles ühesugune. Veekiht, mis asub ülalpool toru alumist äärt, rõhub tema all olevale veekihile. See rõhk antakse edasi ühte viisi igas suunas. Seepärast on mitte üksnes rõhk ülalt alla võrdne rõhuga alt üles, vaid rõhk vedeliku sees ühes ja samas sügavuses on igast küljest ühesuurune.

34. Vedeliku rõhu arvutamine. Nägime, et rõhk vedelikus ühes ja samas sügavuses on kõigis suundades ühesugune. Järelikult mingisuunalise rõhu arvutamiseks selles sügavuses on küllalt, kui arvutada vedeliku rõhku ülalt alla.

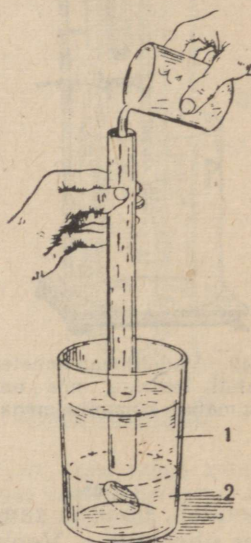
Teame, et rõhuks nimetatakse jõudu, mis mõjub pindala ühikule. Oletame, et mensuuri on valatud vesi. Kui lasta 1-ruutsentimeetrine plaadike mensuuri 5 cm sügavusse ja asetada see plaadike rööbiti vedeliku pinnaga, siis rõhub sellele pinnale veesambas kõrgusega 5 cm. Kuna veesamba aluse pindala võrdub plaad-

dikese pindalaga, s. o. 1 cm^2 -ga, siis on veesamba üldkaal 5 G . See järgneb sellest, et veesamba kaal on võrdne vee erikaalu ja samba ruumala korrutisega. Järelikult on rõhk 5 cm sügavuses $5 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$. Kui laseme plaadikese 10 cm sügavusse, siis suureneb samba kõrgus 2 korda; tähendab, 2 korda suureneb ka veesamba kaal, ja rõhk 10 cm sügavuses on $10 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.

Rõhk vedelikus teatud sügavuses on võrdne vedeliku vertikaalsamba kaaluga, mille (samba) põhja pindala on 1 cm^2 ja kõrgus on võrdne mõõdetava kihi kaugusega vedeliku tasemest anumast.



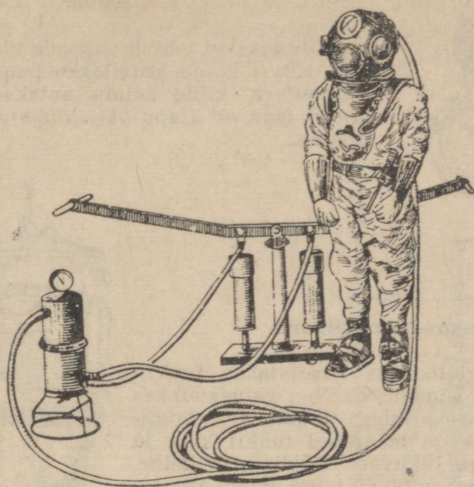
Joon. 51-a. Eralduva põhjaga klaastoru on asetatud vette.



Joon. 51-b. Eralduva põhjaga klaastorusse on valatud vett.

Kui mensuuri valatakse mitte vett, vaid näiteks elavhõbedat, mille erikaal on vee erikaalust 13,6 korda suurem, siis ka elavhõbedasamba kaal on teiste võrdsete tingimuste puhul 13,6 korda suurem kui veesamba kaal. Järelikult ka rõhk on 13,6 korda suurem. Väiksema erikaaluga vedelik tekitab ühesuguse sambakõrguse puhul ka väiksema rõhu.

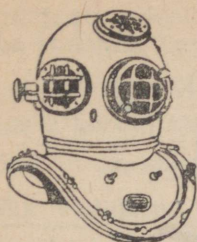
Veesammas tekitab 5 cm sügavuses rõhu $5 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$; samasugune elavhõbedasammas tekitab rõhu, mis võrdub $68 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$. Piiritus tekitab samas sügavuses rõhu $4 \frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.



Tuukriülikond.

Tuukriülikond valmistatakse õhu- ja veekindlast kummiriidedest. Tuuker paneb ülikonna peaava kaudu oma riiete peale. Selle ava ülemine äär kruvitakse vaskse rinnakilbi külge. Rinnakilbi ülemises osas on kruvikeermik metallkiivri kinnitamiseks.



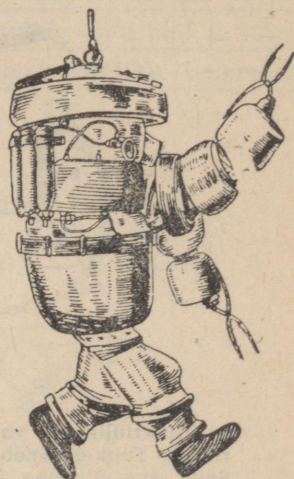


Kiiver.

Kiivrisse on tehtud paksude klaasidega akna-
sed. Kiivri külge kruvitakse pumba juurest tulev
kummitoru, mille kaudu antakse värsket õhku.
Kiivri taga on klapp väljahingatud õhu väljalask-
miseks.

Soomus-tuukriülikond.

Soomus-tuukriülikonda kasutatakse tuukri-
töödeks suurtes sügavustes. See valmistatakse
parimatest terasesõrgidest. Soomus-tuukriüli-
konna osad, mis on määratud tuukri käte ja
jalgade jaoks, on liikuvad. Ülikonna ülemine,
kellakujuline osa on varustatud mitmesuguste
aparaatide ja riistadega. Seal on aparaadid hing-
amiseks vajaliku hapniku tagavaraga, aparaat
süsihappegaasi neelamiseks, telefon ja elektri-
kõlbi ühenduse pidamiseks „pealveega“, mit-
mesugused mõõduriistad ja elektrilambid. Soo-
mus-tuukriülikond ühes tuukriga lastakse põhja
eriliste trosside abil.



Vedeliku rõhu väljaarvutamiseks $\frac{G}{\text{cm}^2}$ -tes on vaja veesamba

kõrgust sentimeetrites korrutada erikaaluga $\frac{G}{\text{cm}^3}$ -tes.

Rõhk = sügavus × erikaal.

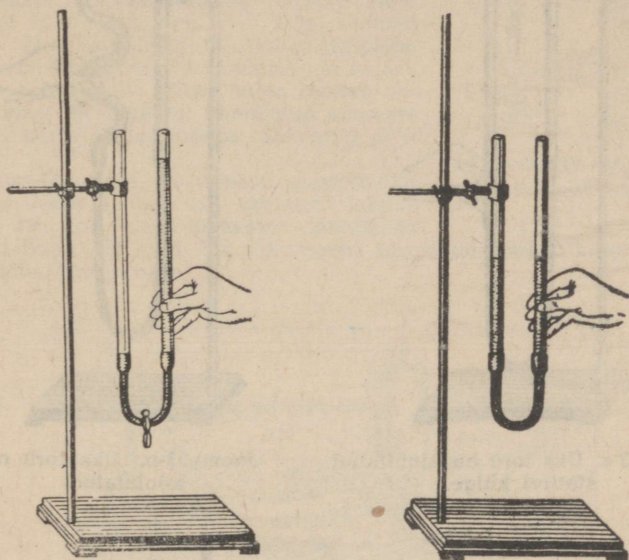
Harjutus 15.

1. Anumasse valati 15 sentimeetri kõrgune veekiht. Kui suur on selle vee-
kihi rõhk anuma põhjale?
2. Millise rõhu all purskub veejuga anuma külgmisest alumisest avast
(joon. 46), kui see on 40 cm sügavuses?
3. 10 sentimeetri kõrgune klaas on täidetud ääreni elavhõbedaga. Arvutada
rõhk põhjale.
4. Arvutada 76 sentimeetri kõrguse elavhõbedasamba rõhk.

35. Ühendatud anumad. Võtame kaks klaastoru ning ühendame
nad omavahel kummitoriga (joon. 52-a). Pigistame kummitoru
kinni ja valame parempoolsesse torusse vett. Kui näpits avada,
siis voolab vesi parempoolsesest torust vasakpoolsesse torusse ja

tõuseb selles seni, kuni vedeliku pinnad mõlemas torus on ühel tasemel (joon. 52-b).

Kinnitame ühe toru statiivi külge. Tõstes, langetades või kallutades külgedele teist toru, näeme, et vedelikkude pinnad mõlemas torus jäävad kogu aja ühele tasemele (joon. 53-a). Veepinnad jää-



Joon. 52-a, -b. Kaks klaastoru on ühendatud kummitoruga.

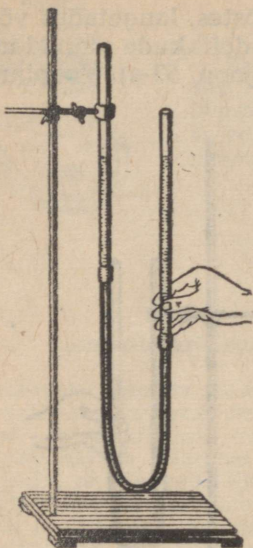
vad ühele tasemele ka sel juhul, kui üks toru või mõlemad on ükskõik kuidas kõverdatud (joon. 53-b).

Anumaid, mis on omavahel ühendatud nii, et vedelik võib ühest anumast teise liikuda, nimetatakse ühendatud anumaisks.

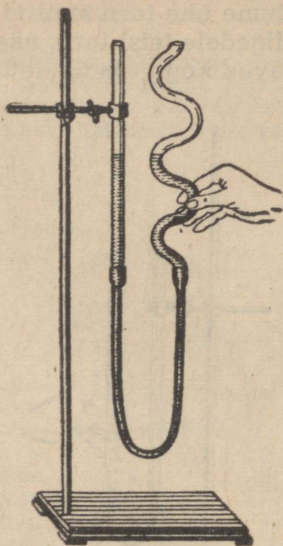
Ühesugune vedelik jääb püsima ühendatud anumais ühele tasemele.

Seda katselist fakti oleks võinud ette näha, teades, et tasakaalustatud olekus on vedeliku rõhk pinnale AB (joonis 54-a) nii vasakult kui paremalt ühesugune. Ühesuguse vedeliku puhul on see nii siis, kui vedelikusammaste kõrgused ühendatud anumate kummaski harus on ühesugused.

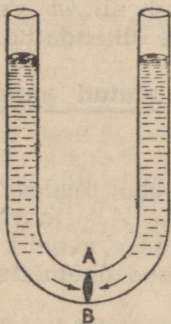
Asendame ühendatud anumate ühe toru lühikese, venitatud otsaga torujupiga ja tõstame pikema toru sellest torujupist kõrgemale. Torujupist purskub juga (joon. 54-b), püüdes saavutada veetaseme kõrgust vasakus torus.



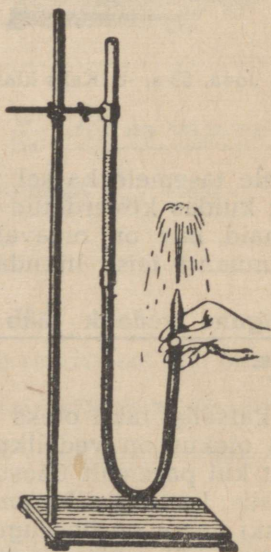
Joon. 53-a. Uks toru on kinnitatud statiivi külge.



Joon. 53-b. Uks toru on koolutatud.



Joon. 54-a. Rõhumine pinnale AB vasakult ja paremalt on ühesugune.



Joon. 54-b. Toru otsast purskub juga.

Harjutus 16.

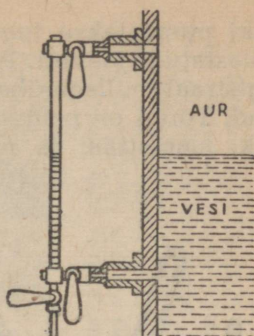
1. Joonisel 55 on näidatud aurukatla veemööduklaas. Seletage tema töötamist.

2. Kui veega täidetud teekannu kallutada, voolab ta tilast vett. Seletage seda nähtust kahe joonisega.

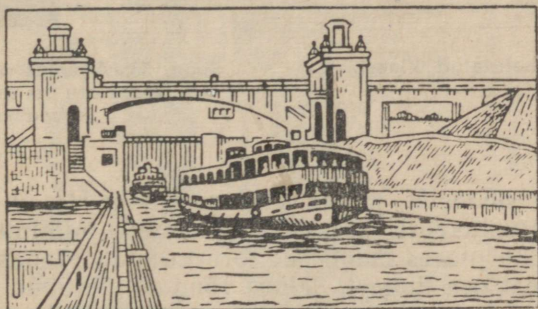
3. Joonisel 56-a kujutatakse Moskva-nimelise kanali lüüsi, aga joon. 56-b lüüsi skeemi. Vaadeldge hoolikalt lüüsi skeemi ja seletage laeva liikumist Moskva jõest Volgasse ja tagasi.

4. Kuidas arvutada rõhku, mida tekitab vedelik joonisel 57 näidatud ühendatud anumate kummaski harus punktjoonega tähistatud põhjale?

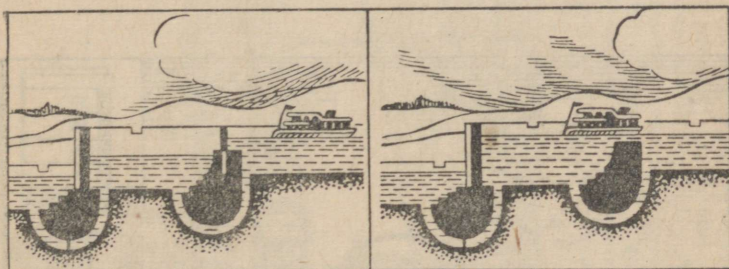
5. Mensuuri põhja on valatud elavhõbedakiht ja sellesse kihisse on asetatud lahtise klaastoru ots. Kui valada mensuuri elavhõbedapeale vett (joon. 58) kuni 27,2 sentimeetri kõrguseni, millise kõrguseni tõuseb siis elavhõbe klaastorus?



Joon. 55. Aurukatla veemööduklaas.



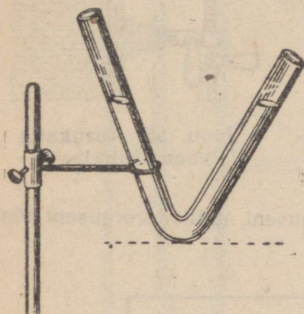
Joon. 56-a. Moskva-nimelise kanali lüüs.



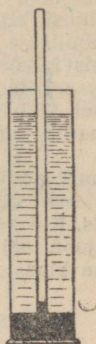
Joon. 56-b. Lüüsi skeem.

36. Veevärgi ehitus. Linna kõrgemale kohale ehitatakse kõrge veetorn, mille otsa paigutatakse paak vee jaoks (joon. 59). See paak peab olema asetatud kõrgemale kõigist linna majadest.

Paaki pumbatakse tugevate pumpade abil hoolikalt filtreeritud (puhastatud) jõevett. Paagist läheb linna mööda laiali peatoru — magistraal, millega ühendatakse üksikute majade vesivarustuse torud. Torud on paigutatud maasse, et vältida torude külmumist. Paak, magistraal ja majade üksikud torud kujutavad ühenda-

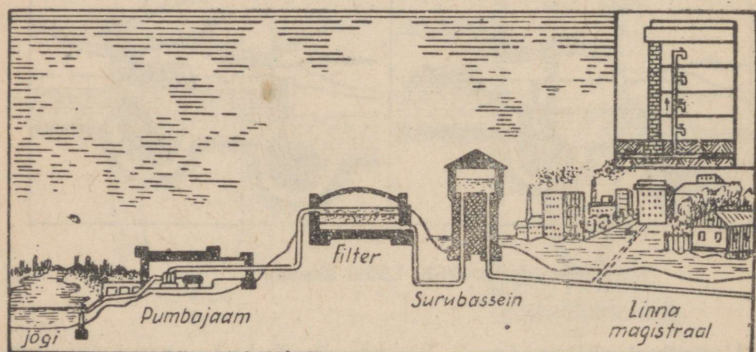


Joon. 57. Koolutatud klaastoru.

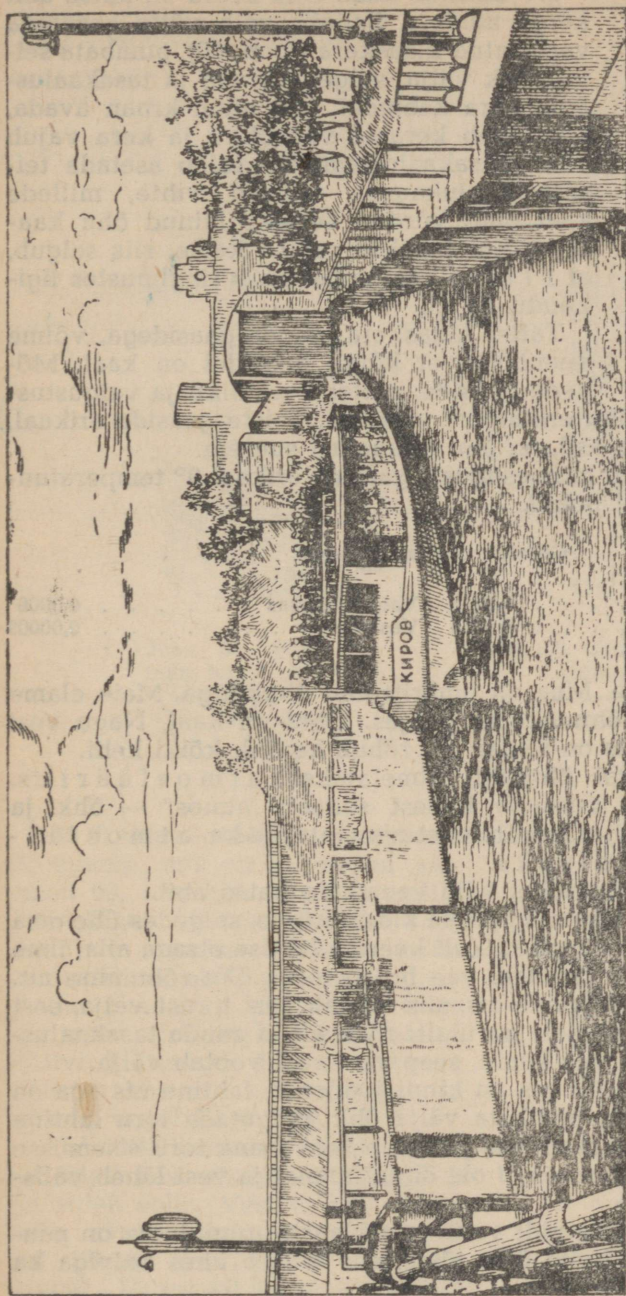


Joon. 58. Anumas on elavhõbe ja vesi, klaastoru ots on pandud elavhõbedasse.

tud anumate süsteemi, milles vesi püüab seista ühel kõrgusel. Linna vesivarustusvõrk ehitatakse enamasti niinimetatud ring-süsteemil, mille juures magistraalitoru kujutab rõngast, mis ümbritseb suuremat osa linnast. Sellest rõngast lähtuvad igas suunas kõrvaltored. Sel kombel võib mõnesuguse rikke puhul vesivarustuses sulgeda iga lõiku, häirimata tööd ülejäänud vesivarustuse osades.



Joon. 59. Vesivarustuse ehituse skeem.



Lüüsid Zaporozžjes. Lüüs kujutab enesest suurt kambrit, mis suletakse kahe väravaga. Veetase kambri võib seista mitmesugusel kõrgusel. Laeva tõusmisel jõge mööda üles on avatud jõesuudme poolne värav ja kambri veetase on palju madalam suletud värava tagusest veetasemest. Näiteks Zaporozže lüüsi kambri on sel juhul veetase üle 12 m madalam kui värava taga. Kui laev siseneb kambriisse, suletakse ka teised väravad ja kambriisse koguneb vesi, kuni kambri veetase saab võrdseks väljaviivate väravate taguse veetasemega. Pärast seda avatakse need väravad ja vastuvett sõitev laev väljub kambriist, sinna aga sisenevad laevad, mis laskuvad alla. Nüüd on kambri veetase palju kõrgem veetasemest suletud väravate taga. Pärast jõe ülemjooksu poolsete väravate sulgemist lastakse kambriist vesi aegamisi välja, kuni kambri ja jõe veetase saavad võrdseteks. Pärast seda sõidab laev jõkke.

Joonisel on näidatud Dneprit mööda sõitva laeva väljumine lüüsi kambriist.



Joon. 60.
Klaaskera
kraaniga.

37. Gaaside kaal. Õhu kaalu on katse abil kerge näidata. Selleks võib võtta kraaniga varustatud klaaskera (joon. 60), pumbata sellest õhk välja, sulgeda kraan ja tasakaalustada kera kaaludel. Kui nüüd kraan avada, siis läheb kera välisõhku ja kera vajub alla. Tasakaalustamiseks tuleb asetada teisele kaalukaasile väikesi vihte, millede kaal ongi võrdne kera läinud õhu kaaluga. Kui tehakse selline katse, siis selgub, et 1 l õhku kaalub harilikel tingimustes ligikaudu 1,3 G.

Täites klaaskera muude gaasidega, võime veenduda, et kõigil gaasidel on kaal. Mõnede gaaside, näiteks vesiniku ja valgustusgaasi, erikaal on õhu erikaalust väiksem. Teiste gaaside erikaal, näiteks süsihappegaasil, on õhu erikaalust suurem.

Tabelis on toodud mitmesuguste gaaside erikaal 0° temperatuuril ja normaalrõhu¹ puhul.

Gaside erikaal $\frac{G}{cm^3}$ -tes:

Õhk	:	0,0013	Valgustusgaas	. . . . .	0,0006
Hapnik	. . . . .	0,0014	Vesinik	. . . . .	0,00009
Süsihappegaas	. . . . .	0,002			

38. Õhurõhumine. Maa on ümbritsetud õhukihi. Meie elame selle kihi põhjas, õhuokeani põhjas. Õhul on kaal. Nagu vesi rõhub iga keha, mis on temas, nii rõhub ka õhk kõiki kehi.

Maad ümbritsevat õhukihti nimetatakse atmosfääriks. (Sõna „atmosfäär“ koosneb kahest sõnast: „atmos“ — õhk, ja „sfäär“ — kerapind). Õhurõhumist nimetatakse ka atmosfääriliseks rõhumiseks.

Õhurõhumise olemasolus võib veenduda katse abil.

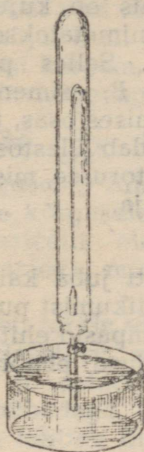
Valame vett kitsasse ning pikka klaastorusse, sulgedes ühe otsa sõrmega. Toru võib ettevaatlikult keerata lahtise otsaga alla, ilma et vesi torust välja voolaks: vee hoiab torus õhu rõhumine alt. Kui avada ka toru ülemine ots, siis voolab vesi torust välja, sest sel juhul rõhub õhk veele ka ülalt: rõhk alt ei suuda tasakaalustada rõhku ülalt ja vee kaalu, seepärast vesi voolab välja.

Kui torust, mille üks ots on kinni joodetud, lahtine ots aga on varustatud kraaniga, pumbata välja õhk, paigutada toru lahtine ots vette ja avada kraan, siis purskub vesi joana toru sisemusse (joon. 61). Toru sisemuses ei ole õhurõhumist ja vesi läheb välisõhu survele torusse.

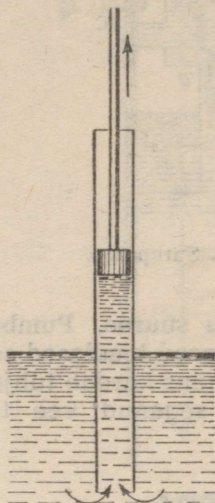
Laseme alumist otsa pidi vette laia klaastoru, millesse on pandud tihe kolb. Kui kolbi üles tõsta, siis tõuseb ühes kolviga ka vesi (joon. 62).

¹ Mida nimetatakse normaalrõhuks, seda selgitatakse §-s 43.

Kolvi ja vee vahel kolvi tõstmisel õhku peaaegu ei ole. Vett sunnib tõusma kolvi järel välisõhu rõhk. See nähtus on ära kasutatud veepumpade ehitamisel.



Joon. 61. Fontaanitorus, millest õhk on välja pumbatud.

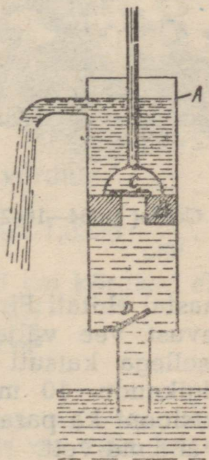


Joon. 62. Vesi järgneb kolvile.

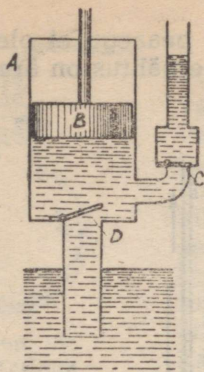
39. Kuidas töötab veepump.

Veepump, mis on kujutatud joonisel 63, koosneb torust *A*, mille sees liigub üles ja alla tihe kolb *B*. Toru alumisse ossa ja kolbi endasse on ehitatud ainult ülespoole avanevad uksekese *C* ja *D*, mida nimetatakse klappideks. Kolvi liikumisel üles avab vesi, tõustes torus, alumise klapi ja tõuseb kolvi järel üles.

Kolvi allalaskmisel rõhub kannu all olev vesi alumisele klapile *D* ja suleb selle. Vesi ei saa minna alla, avab kolvis oleva klapi *C* ja läheb kolvi peal olevasse ruumi. Järgneval kolvi liikumisel üles tõuseb ühes kolviga selle



Joon. 63. Imepump.



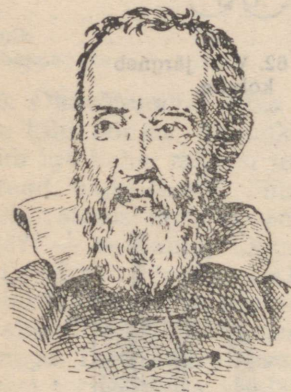
Joon. 64. Surupump.

peal olev vesi ja voolab äravoolutorusse. Samal ajal tõuseb kolvi alla uus veeannus, mis kolvi allalaskmisel paigutub kolvi peale.

Sellist pumpa nimetatakse *imevumbaks*.

Pumpa, mis on kujutatud joonisel 64, nimetatakse *surupumbaks*. Selles pumbas on umbne kolb *B*; esimene klapp *D* on toru alumises osas, teine klapp *C*, mis eraldab ülestõstetud vee, on asetatud torusse, mis juhiv vee pumbast välja.

40. Õhurõhu suurus. Pumba ehitust tunti juba kauges minevikus. Selleaegsed teadlased seletasid vee liikumist pumbas asjaoluga, et „loodus kardab tühjust“. Kuni pumbasid ehitati väikese kõrgusega, ei seganud vee tõusmise põhjuse ebaõige seletus kedagi.



Galileo Galilei (1564—1642).



Torricelli (1608—1647).

1640. aastal ehitati Firenze — Itaalia vanas linnas — sügavast kaevust vee väljapumpamiseks pump. Kui pump oli valmis ja sellega katsuti vett tõsta, siis tõusis vesi kannu järel ainult ligikaudu 10 m kõrgusele. Kuidas insenerid pumba konstruktsiooni ka parandasid, vesi ei tõusnud kõrgemale — pump ei andnud vett.

Oli vaja selgitada selle nähtuse põhjus ja insenerid pöördusid teadlaste poole abi saamiseks.

Itaalia õpetlase Galilei õpilane Torricelli, kes seda nähtust uuris, avaldas oletuse, et vee tõusmise põhjuseks kannu järel on mitte „looduse poolt tühjuse kartmine“, vaid õhurõhk, millel on kindel suurus. Ja kui vesi tõuseb pumbas õhurõhu mõjul kuni 10 m, siis õli, mis on veest kergem, tõuseks kõrgemale, elavhõbe aga, mille erikaal on $13,6 \frac{G}{cm^3}$, tõuseks mitte 10 m kõrguseni, vaid 13,6 korda väiksemale kõrgusele.

See Torricelli oletus tõestati 1642. a. katsega, mida võib teha ka klassis.

Selleks on tarvis võtta 1 meetri pikkune klaastoru, mille üks ots on kinni joodetud. Toru tuleb täita elavhõbedaga, sulgeda sõrmega toru lahtine ots ja asetada see kausikesse, milles on elavhõbe (joon. 65). Sõrme äravõtmisel lahtiselt otsalt elavhõbe langeb, kuid mitte kõik ei voola välja. Torusse jääva elavhõbedasamba kõrgus on ligi 76 cm.

Nagu õhurõhk sunnib pumbas vett tõusma kannu järel, täpselt samuti hoiab välisõhu rõhk ülal elavhõbedasammast Torricelli torus, sest torus ei ole elavhõbeda peal õhku.

Kui hiljem teadlane Guericke tegi kõrge ülalt kinni joodetud klaastoru, mis oli täidetud veega, siis oli selles torus õhurõhu poolt ülal hoitud veesamba kõrgus 10,35 m.

Nii tõestati esmakordselt õhurõhu olemasolu ja mõõdeti selle rõhu suurus.

76 cm kõrguse elavhõbedasamba rõhk võrdub:

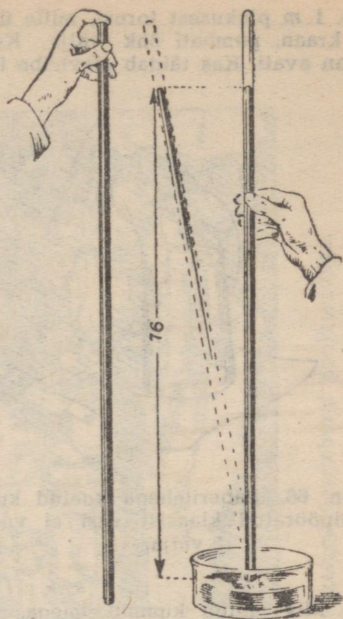
$$13,6 \frac{G}{cm^3} \times 76 \text{ cm} = 1033,6 \frac{G}{cm^2} \text{ ehk } 1,0336 \frac{kG}{cm^2}.$$

Kuna õhurõhk tasakaalustab umbes 76 cm kõrguse elavhõbedasamba, siis võrdub ka õhurõhk $1,0336 \frac{kG}{cm^2}$.

Harjutus 17.

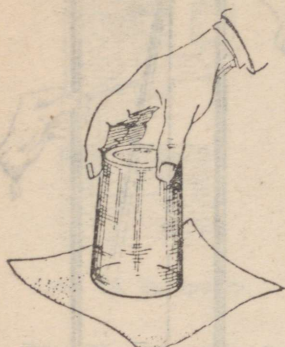
1. Valage klaas vett täis, katke ta paberilehega ja, hoides lehte käega, pöörake klaas põhjaga üles. Mispärast ei voola vesi välja, kui käsi lehelte ära võtta (joon. 66)?

2. Kas elavhõbe jääb toricelli torusse, kui kinnijoodetud toru asemel võtta kraaniga toru, ja kui elavhõbeda püsima jäädes avada kraan?

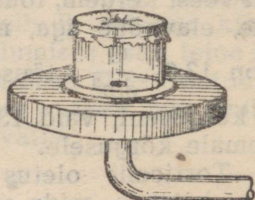


Joon. 65. Torricelli katse.

3. 1 m pikkusest torust, mille üks ots on kinni joodetud, teises otsas aga on kraan, pumbati õhk välja. Kraaniga toruots asetati elavhõbedasse ja kraan avati. Kas täidab elavhõbe toru kogu pikkuses?



Joon. 66. Paberilehega kaetud kummulipööratud klaasist vesi ei voola välja.



Joon. 67. Kummikelmega kaetud purgist pumbatakse õhk välja.

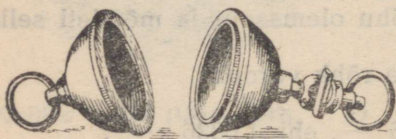
4. Mis juhtub kummikelmega, millega on kaetud klaaspurgi ava, kui purgist pumbata õhk välja (joon. 67)?

5. Arvutada, kui suure jõuga rõhub õhk kelmele, mis katab purgi ava, kui ava pindala on 100 cm^2 .

6. Mis juhtub elavhõbedasambaga, kui kallutada torricelli toru (joon. 65)?

7. 1654. aastal pumbas teadlane Otto Guericke õhu välja kahest kokkupandud vaskpoolkerast. Õhurõhk surus nii tugevasti poolkerad teineteise ligi, et neid ei suutnud lahti tõmmata 8 paari hobuseid (joon. 68-a ja 68-b). Arvutada õhurõhumine poolkeradele, kui pindala, millele rõhus õhk, oli 1400 cm^2 .

41. Baromeeter. Kui torricelli riista juurde valmistada vertikaalne skaala, mille järgi võib mõõta elavhõbedasamba kõrgust, siis saame sellega mõõta õhurõhku.



Joon. 68-a. Magdeburgi poolkerad.

Sellel põhimõttel on ehitatud eriline riist, mida nimetatakse baromeetrikaks (kreekakeelsest sõnast *baros*, mis tähendab rasket). Selline riist on kujutatud joonisel 69.

Toricelli toru on lahtise otsaga asetatud elavhõbedaanumasse ja on ühes anumaga kinnitatud lauakese külge. Seesugust baromeetrit nimetatakse *anubaromeetrikaks*. Vaadeldes baromeetrit järjest mitu päeva, märkame, et õhurõhk pole kogu aeg muutumatu. Elavhõbedasammas on kord kõrgemal (rõhk suure-



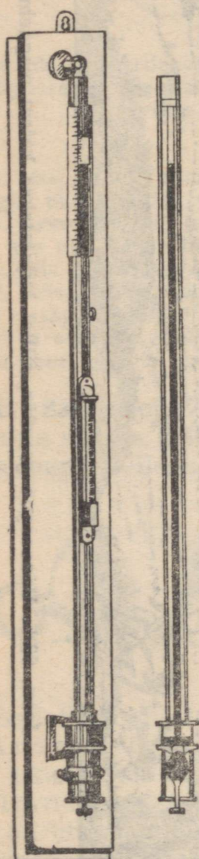
Joon. 68-b. Vanaaegne gravüür, millel kujutatakse katset magdeburgi poolkeradega.

neb), kord madalamal (rõhk langeb). Need kõikumised mingi keskmise suuruse ümber ulatuvad mitme sentimeetrini.

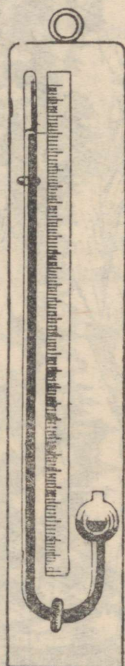
Mõnikord valmistatakse elavhõbebaromeeter ainult ühest klaastorust ilma anumata — sifoonbaromeeter (joon. 70).

Sifoonbaromeetri klaastoru koosneb kahest harust: pikk haru on ülalt kinni joodetud ja on suuremalt osalt täidetud elavhõbedaga. Elavhõbeda peal on torus õhutühi ruum. Lühike haru on avatud ja lõpeb laiendiga, kuhu valgub elavhõbe õhurõhu vähenedes. Elavhõbeda rõhk pikas harus tasakaalustatakse õhurõhuga elavhõbeda pinnale lühikeses harus.

Samba kõrgust baromeetris mõõdetakse anumates või lahtises harus oleva elavhõbeda tasemest kuni elavhõbedasamba tasemeni torus.



Joon. 69. Anumbaromeeter.



Joon. 70. Sifoonbaromeeter.

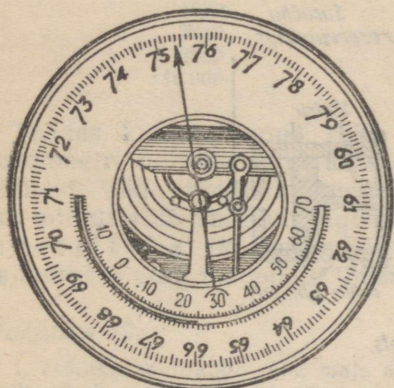


Joon. 71. Pascali vesibaromeeter.

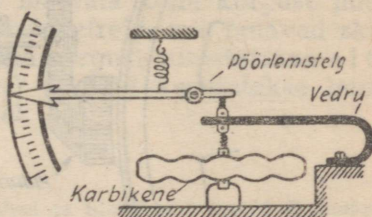
Harjutus 18.

Joonisel 71 on näidatud 1646. a. Pascali poolt Rouen'is ehitatud vesibaromeeter. Oletame, et veetase baromeetri torus on 10,2 m kõrgusel. Kui palju näitab samal ajal elavhõbebaromeeter?

42. Aneroidbaromeeter. Elavhõbebaromeetrid näitavad täpselt, kuid nõuavad tarvitamisel suurt ettevaatust: nad võivad kergesti puruneda, torusse võib sattuda õhku. Märksa sobivamad, eriti transportimisel, on aneroidbaromeetrid¹ (joon. 72).



Joon. 72. Aneroid.



Joon. 73. Aneroidi ehitusskeem.

Metallbaromeetrite peamiseks osaks on lainelise kaanega lame metallkarbike (joon. 73). Sellest karbikesest pumbatakse õhk välja, ja et atmosfääri rõhk ei suruks karpi puruks, on lainelise kaane keskele tehtud sambake, mida vedru üles kisub. Niiviisi paindub rõhu suurenemisel karbikaaneke alla, rõhu vähenemisel aga ajab vedru kaanekese uuesti sirgemaks. Sambakesele on ülekandemehhanismi abil kinnitatud osuti, mis rõhu muutuse tagajärjel liigub vasakule või paremale. Osuti alla kinnitatakse skaala, millele märgitakse jaotised elavhõbebaromeetri näitude järgi. Nii näiteks arv 754, mille kohal seisab aneroidi osuti (joon. 72), näitab, et antud momendil on elavhõbedasammas elavhõbebaromeetris 754 mm kõrge. Aneroidid on rõhumise muutmise suhtes väga tundlikud, kuid kahjuks pole vedru elastsus püsiv, mistõttu aneroidi algul õiged näidud võivad aja jooksul osutada ebaõigeiks. Võimalike vigade vältimiseks aneroidi kasutamisel tuleb teda aeg-ajalt võrrelda elavhõbebaromeetriga ja, märgates vigu, teha vajalikud parandused.

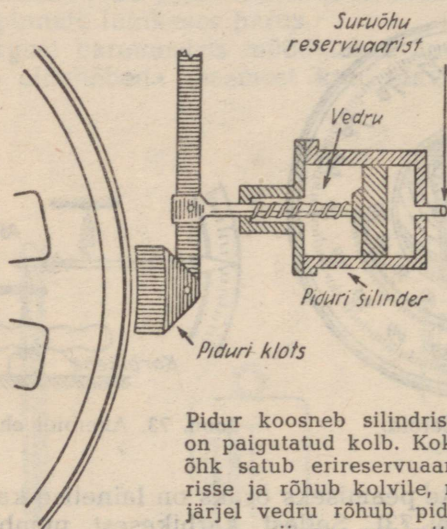
Eriti suur tähtsus on õhurõhul ilma ennustamisel lähemateks päevadeks, sest õhurõhk on seotud ilma muutusega. Seepärast on baromeeter tarvilikuks riistaks meteoroloogilistel² vaatlustel.

¹ Aneroid tähendab eestikeelses tõlkes vedelikuta.

² Meteoroloogia on teadus nähtustest, mis toimuvad maakera atmosfääris.

43. Õhurõhumine mitmesugustel kõrgustel. Kuna õhurõhumise põhjuseks on õhu kaal, siis võib arvata, et mäe otsa tõusmisel peab ülal olevate kihtide kaalu vähenemise tõttu vähenema ka õhu rõhk.

Selle oletuse kontrollimiseks tegi Pascal 1648. a. oma sõpradele ülesandeks teostada Torricelli katse üheaegselt mäe tipul ja mäe jalal. Katse kinnitas Pascali oletust.



Pidur koosneb silindrist, millesse on paigutatud kolb. Kokkusurutud õhk satub erireservuaarist silindrisse ja rõhub kolvile, mille tagajärjel vedru rõhub piduriklotsile, viimane aga rattale.

Rõhk mäe tipul osutus väiksemaks kui mäe jalal. Järelikult, vastavalt tõusule maapinnast kõrgemale väheneb õhurõhumine.

Tähelepanekud näitavad, et baromeetri elavhõbedasamba kõrgus kohtades, mis asuvad merepinna tasemel, on keskmiselt 76 cm ehk 760 mm. Mida kõrgemal on koht ülalpool merepinda, seda väiksemat rõhku näitab baromeeter.

Õhurõhku, mille tasakaalustab 0° temperatuuril 76 cm ehk 760 mm kõrgune elavhõbedasammas, nimetatakse normaalrõhuks. Tähendab, normaalne õhurõhk on $1033,6 \frac{G}{cm^2}$ ehk

$$1,0336 \frac{kG}{cm^2}.$$

Arvestuste hõlbustamiseks kasutatakse tehnikas rõhkude mõõtmisel rõhu ühikuna rõhku, mis on võrdne $1 \frac{kG}{cm^2}$; seda rõhku nimetatakse tehniliseks atmosfääriks (at).

Järgnevas tabelis on toodud baromeetrilised rõhud mõningatel kõrgustel:

Kõrgus merepinnast meetrites	Baromeetri elavhõbedasamba kõrgus millimeetrites
0	760
280	740
400	722
600	704
1000	678
2000	590
3000	525
10 000	250

Teades, kuidas alaneb rõhk olenevalt koha kõrgusest, võib baromeetri näitude järgi kindlaks määrata koha kõrguse merepinnast. Väga tundlikke metallbaromeetreid, mis omavad skaalat, millelt võib vahetult lugeda koha kõrgust, nimetatakse *altimeetriteks* (kõrgusemõõtjaiks) ja neid kasutatakse lennuasjanduses ning mägedele tõusmisel.

Harjutus 19.

1. Mõõtke aneroidiga rõhk maja alumisel ja ülemisel korrusel ja määrake ligikaudselt, mitme meetri võrra on ülemine korrus alumisest kõrgem, kui arvestada, et väikeste tõusude juures alaneb rõhk iga 12 meetri kohta keskmiselt 1 mm võrra.

2. Mäe jalal näitab baromeeter 760 mm elavhõbedasammast, mäe tipul aga 722 mm elavhõbedasammast. Kui suur on ligikaudselt mäe kõrgus?

3. Lendur tõusis 2 km kõrgusele. Mitme millimeetri võrra muutus seejuures õhurõhk?

4. 30. septembril 1933. a. tõusid nõukogude vaatljad stratostaadiga „CCCP“ 19 km kõrgusele.

Selles kõrguses märkis baromeeter 55 mm kõrguse elavhõbedasamba rõhu. Stratostaadi gondel, kus asusid vaatljad, oli tehtud koltšugalumiiniumist ja oli tihedasti suletud. Rõhk gondlis oli kogu aja 1 at. Arvutage, kui palju on õhurõhk gondli seintele seestpoolt suurem kui väljastpoolt.

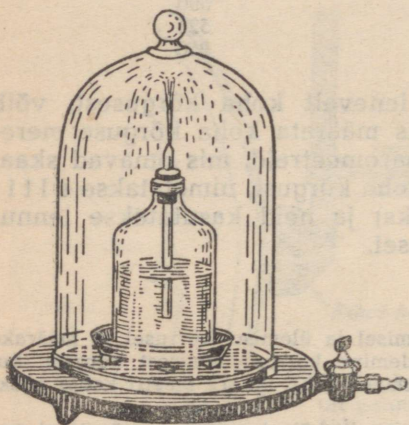
44. Gaasi ruumala ja rõhk. Suleme jalgrattapumba ava sõrmega ja, vajutades kolvile, surume kokku gaasi — vähendame ta ruumala. Me tunneme, kuidas pumbasse suletud õhk rõhub sõrmele. Niipea kui lõpetame vajutamise kolvile, tõstab kokkusurutud õhk oma rõhumisega kolvi üles ja võtab enesele endise ruumala. Jalgpalli õhukummi võib pumbata väga palju õhku. Õhurõhumise tõttu tõmbuvad palli seinad kergelt pingule. Tarvitseb vaid palli õhukummi avada või teha sellesse auk, kui õhk hakkab sellest välja tulema. Need nähtused näitavad, et ruumala, mille gaas enda alla võtab, oleneb rõhust, mille all ta on, ja rõhk, mida gaasid avaldavad anuma seintele, sõltub gaasi ruumalast. Vähendades gaasi ruumala, me suurendame tema poolt tekitatavat rõhku, aga suurendades gaasi ruumala, vähendame gaasi rõhku.

Harjutus 20.

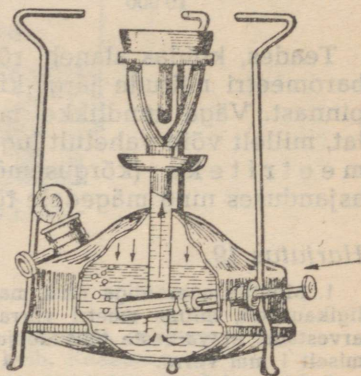
1. Õhupumba kupli alla on asetatud pudel veega, pudeli korgist on pandud läbi toruke. Miks õhu väljapumpamisel purskab torust veejuga (joon. 74)?

2. Pumba kupli alla paigutatakse kinnikorgitud pudel õhuga. Miks kupli alt õhu väljapumpamisel kork pudelilt ära lendab?

45. Õhutihendusump. Õhu pumpamiseks, või nagu öeldakse, õhu surumiseks tarvitatakse erilisi pumbasid. Selliseid pumbasid kasutatakse näiteks õhu pumpamiseks priimusesse ja jalgrattakummidesse.



Joon. 74. Veepudel õhupumba kupli all.



Joon. 75. Priimuse surupump.

Priimuse õhutihendusump (joon. 75) koosneb metalltorust; selle alumisse otsa, mis asetseb priimuse reservuaaris, on paigutatud klapp: klapp avaneb reservuaari. Pumba kolb on varustatud nahkkübarakesega. Kui kolb surub pumbas õhule, siis kübarake hoidub õhusurve tõttu tihedasti vastu pumbaseinu ja, surudes õhku, ajab selle klapi juurde. Kokkusurutud õhk avab klapi ja läheb pumbast reservuaari. Kui kolb tõmmatakse tagasi, siis surub välisõhk kübarakese kokku ja tungib pumbasse.

Samasugune on ka auto- ja jalgrattapumba ehitus, ainult selle vahega, et klapp, mis suleb jalgrattakummisse surutava õhu, ei asu mitte pumbas endas, vaid rattakummis (joon. 76).

Keerukama ehitusega võimsaid pumbasid, mida kasutatakse mitmesugustel juhtudel tugeva sururõhu saamiseks, nimetatakse kompressoriteks. Kompressori kolb pannakse liikuma aurumasina või mõne muu jõumasina.

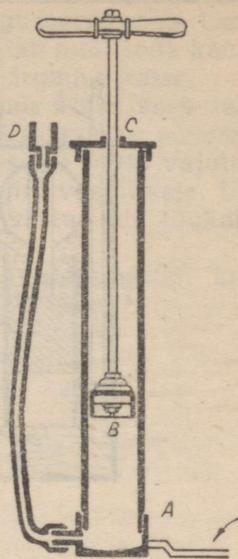
46. Õhuhõrenduspump. Joonisel 77 ja 78 on kujutatud lihtsaim koolipump, kusjuures joonise alumine osa, kus asuvad kla-

pid, on kujutatud skemaatiliselt, et oleks võimalik selgesti aru saada nende tegevusest.

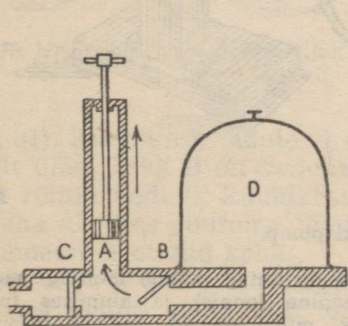
Silindris A liigub tihedasti kolb (joon. 77). Silindri all on kamber klappidega B ja C. Klapp B avaneb kambri sisemusse, teine klapp C avaneb väljapoole. Olgu kamber klapiga B ühendatud mingi reservuaariga D. Tõmmates kolbi välja, hõrendatakse õhku pumbasilindris, mistõttu õhk reservuaaris, omades suuremat rõhku kui silindris, avab klapi B ja läheb osaliselt silindrisse. Lükates kolbi alla, surutakse silindris olev õhk kokku, mis klapi C avamisel (joon. 78) läheb välja. Klapp B sulgub seejuures. Nii kordub see kolvi iga käigu juures, mille tagajärjel õhk reservuaaris hõreneb.

Tööstustes kasutatakse hoopis täiuslikuma konstruktsiooniga pumпасid, mis annavad väga suure hõrenduse (vaakuum).

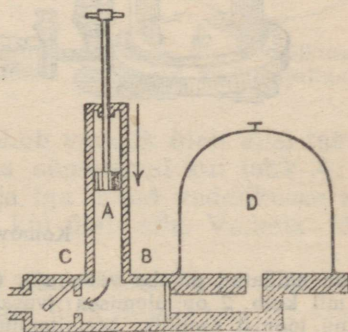
47. Vedeliku ja gaasi rõhumine neisse asetatud kehadele. Kui võtame kaevust pangega vett, siis, kuni pang on vees, on teda kerge vinnata. Niipea kui pang veest välja tõuseb, muutub ta vinnamine tunduvalt raskemaks. Supeldes paneme tähele, et vees võib hoida inimest kergesti ühe



Joon. 76. Autopump. A — alus pumba hoidmiseks töötamisel. B — kolb nahk-kübarakesega. C — õhuava. D — metallkrui pumba ühendamiseks jalgratta õhukummiga.

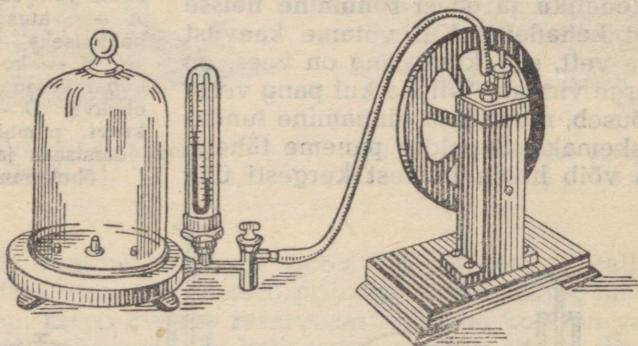
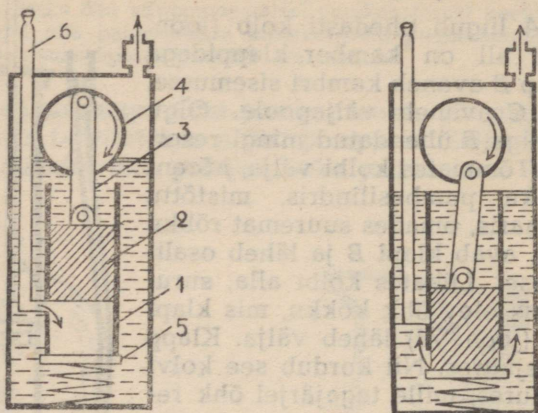


Joon. 77.



Joon. 78.

käega. Vähe sellest, me võime vees tõsta üsna suuri raskusi, mis kaldal osutuksid üle jõu käivaiks. Võime näiteks vees edasi lükata määratu suuri puutüvesid, mida me ei suudaks nihutada kohalt, kui nad oleksid tõmmatud kaldale. Kõik need tähelepane-



Komovski pump.

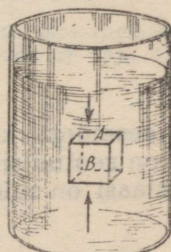
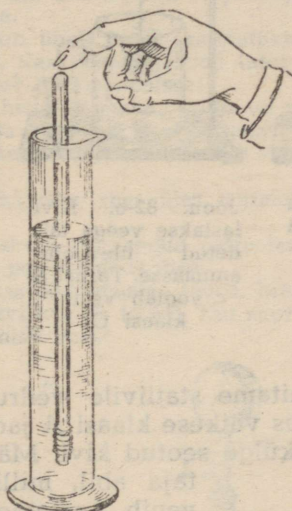
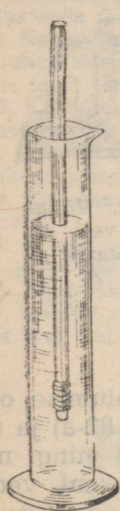
All on näidatud pumba väliskuju, ülal on antud pumba läbilõige momentid, mil kolb 2 on ülemises (vasakpoolne joonis) ja alumises (parempoolne joonis) asendis. Metall anum, milles on õli, asetseb silinder 1; selles liigub üles ja alla pikk kolb 2 kepsu 3 abil, mis on ühendatud vändaga 4. Vant pannakse liikuma alumisel joonisel näidatud ratta abil. Ratas pöörleb elektrimootori või käte jõul. Vastu silindri alumist ava surub vedru põhja 5. Kolvi ülemises asendis avaneb silindri ava, mis on ühenduses toruga 6. Toru 6 ülemine ots ühendatakse anumaga, millest soovitakse õhku välja pumbata. Liikumisel alla suleb kolb külgmise ava, ning nihutades eemale põhja 5, surub õlisse kolvi all oleva õhu.

kud annavad põhjust arvamiseks, et vedelikud tõukavad välja neisse asetatud kehi, mis teeb kehi meile nagu kergemaks. On ju ka veega täidetud pang kergem, kui keegi aitab meil seda kanda.

Et selgitada vaadeldavaid nähtusi, teeme järgmise katse.

Valmistame puupulgast ja traadist ujuki, mis võiks vees vertikaalselt seista. Asetame selle ujuki vett sisaldavasse mensuuri (joon. 79). Kui ujuki ülemisele otsale surudes see vette vajutada (joon. 80) ning sõrm ära võtta, siis tõuseb ujuk veepinnale. Ujukit vette surudes tunneme, et vesi surub vastu, mis tõukabki ujuki välja, kui sõrm ära võetakse.

Oletame, et vedelikku on asetatud kuubikujuline keha



Joon. 79. Ujuk ujub vees.

Joon. 80. Ujuk surutakse sügavalt vette.

Joon. 81. Vedelikusse on pandud kuubikujuline keha.

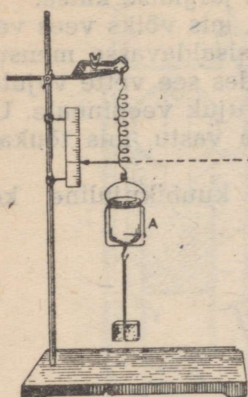
(joon. 81). Kuubikese tahule *A* rõhub vedelik ülalt alla, tahule *B* aga alt üles. Tahk *B* on vedelikus sügavamal kui tahk *A*. See pärast rõhub vedelik kuubikest ja iga muud vedelikusse asetatud keha alt üles suurema jõuga kui ülalt alla. Vedelik tõukab üles temasse asetatud keha.

Käest lahti lastud laste õhupall tõuseb üles õhku. Õhk tõukab teda üles samuti, nagu vesi tõukab üles korgi, mis on asetatud vette. Samal põhjusel tõuseb õhku aerostaat. Järelikult ka gaas tõukab üles temasse asetatud keha.

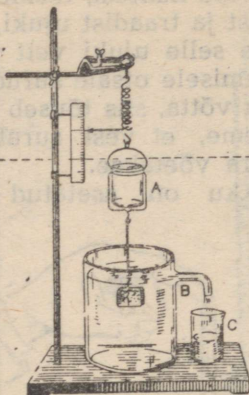
Harjutus 21.

Oletame, et §-s 47 nimetatud kuubi serv on 2 cm ja ülemine tahk on 5 cm kaugusel veepinnast. Arvutage, kui palju on vee rõhk alumisele tahule suurem kui ülemisele.

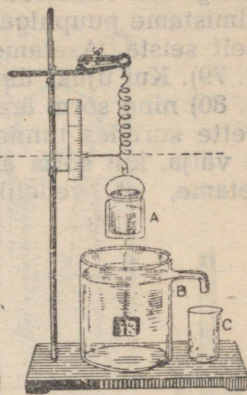
48. Archimedese seadus. Teeme kindlaks selle jõu suuruse, millega vedelik lükkab üles temasse asetatud keha.



Joon. 82-a. Vedru külge on riputatud kivi ja klaas A.



Joon. 82-b. Kivi lastakse veega täidetud ülevoolu anumasse. Torust B voolab vesi klaasi C.



Joon. 82-c. Väljavoolanud vesi on valatud klaasist C klaasi A.

Sel eesmärgil kinnitame statiivile vedru, mille alumise otsa külge on seotud silmus väikese klaasi A jaoks (joon. 82-a) ja allpool klaasi on niidi külge seotud kivi. Märgive ära mingi näitaja abil, millise pikkuseni vedru venib. Asetame kivi alla veega purgi (ülevoolu anum), mis on täidetud kuni torukese C-ni, et kivi võiks üleni vajuda vette. Vedru muutus lühemaks: see kinnitab veelkordselt, et vesi lükkab üles temasse asetatud keha, osa vett aga voolab purgist klaasi B (joon. 82-b). Valame vee klaasist B klaasi A. Sedamööda kuidas täitub klaas A, venib vedru ikka rohkem ja rohkem; kui klaasist B kõik vesi on välja valatud, venib vedru varemalt märgitud pikkuseni (joon. 82-c). Et tasakaalustada jõudu, millega vesi lükkab kivi alt üles, tuleb klaasi valada niipalju vett, kui palju kivi varem välja tõrjus. Samasugune tulemus saadakse, kui selles katses võtta vee asemel mingi muu



Archimedes.

vedelik. Siit võib teha järelduse: vedelikku asetatud keha lükkatakse üles jõuga, mis on võrdne keha poolt välja tõrjutud vedeliku kaaluga.

Selle järelduse, millel on praktilises elus väga suur tähtsus, tegi kauges minevikus kreeka teadlane Archimedes, mispärast seda nimetataksegi Archimedese seaduseks¹.

Archimedese seadus on rakendatav ka gaaside kohta.

Harjutus 22.

1. Rõhu vahe kuubi alumisele ja ülemisele tahule, millest kõneldakse harjutuses § 47-nda lõpus, võrdub üleslükkejõuga. Kinnitage Archimedese seaduse õigsust, arvestades välja keha poolt välja tõrjutud vee kaalu ning võrreldes seda üleslükkejõuga.

2. Kaalukangi külge seoti ühelt poolt seatinatükk, teiselt poolt aga sama kaaluline alumiiniumitükk. Kas kaalud jäävad tasakaalu, kui nii tina kui ka klaas lasta tervenisti vette? Petrooleumisse?

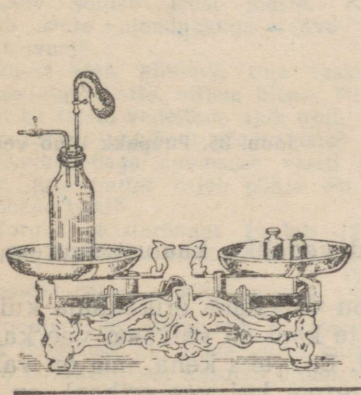
3. Kaaludel on tasakaalustatud pudel, milles on suruõhk. Pudeli korgis on klaastoru, mille välise otsa külge on seotud kummipalli kest (joon. 83). Kui õhk pudelist läheb osalt kestadse ja puhub selle suureks (joon. 84), siis kaob tasakaal. Mispärast?

4. Kui suure jõuga lükkatakse vees üles marmoritükk, mille ruumala on 20 cm^3 ?

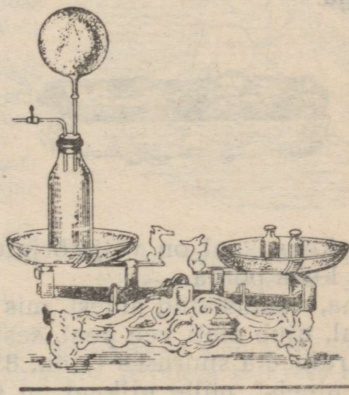
5. 10 cm^3 mahuga klaaskork on pandud petrooleumi. Tehke kindlaks, millise jõuga lükkatakse teda petrooleumis üles.

6. Vesi lükkab kera üles 50-grammise jõuga. Määrake kera ruumala.

7. $5,5 \text{ dm}^3$ ruumalaga kivi kaalub 15 kG. Kui suurt jõudu on vaja, et hoida käes kivi, kui ta on tervenisti vees?



Joon. 83.



Joon. 84.

49. Kehade ujumine. Vedelikku asetatud keha on kahe jõu mõju all:

- 1) vertikaalselt alla mõjub temale raskusjõud;
- 2) vertikaalselt üles lükkab teda vedelik jõuga, mis on võrdne keha poolt välja tõrjutud vedeliku kaaluga.

¹ Archimedes elas enam kui 2000 aastat tagasi.

Selgitame katsega, millistel tingimustel keha ujub.

50. Laboratoorne töö nr. 5. Kehade ujumistingimuste selgitamine.

Töövahendid: kaalud, väikesed vihid, katseklaas, kuiv liiv, men-
suur veega.

Tööjuhend.

1. Puistake katseklaasi kõige väiksem hulk liiva, mille juures katseklaas ujub vertikaalasendis. Pärast kaaluge katseklaas ühes liivaga. Kui kaal ei võrdu täisgrammide arvuga, siis lisage liiva juurde (täisgrammide arv on vajalik vaatluse hõlbustamiseks).

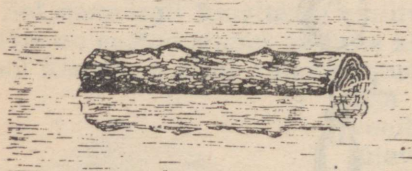
2. Määrake, kui palju vett kaalu järgi tõrjub välja ujuv katseklaas (teiste sõnadega, määrake üleslükkejõud).

3. Lisage katseklaasi mõni gramm liiva ja määrake jälle üleslükkejõud. Toimige nii 4—5 korda. Oma vaatluse tulemused märkige tabelisse:

Katse jrk. nr.	Katseklaasi kaal ühes liivaga	Üleslükkejõud
1		
2		
3		

Võrrelge ujuva, liiva sisaldava katseklaasi kaalu üleslükkejõuga. Vastake küsimusele, millistel tingimustel keha ujub.

Laboratoorse töö resultaadid näitavad, et keha ujub, kui ta kaal ja vedeliku üleslükkejõud on omavahel võrdsed, teiste sõnadega, keha kaal on võrdne ujuva keha poolt välja tõrjutud vedeliku kaaluga.



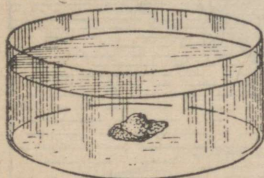
Joon. 85. Puupakk ujub vees.

Kui keha kaal on väljatõrjutud vedeliku kaalust suurem, siis vajub keha põhja.

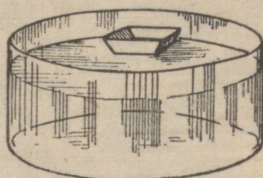
Keha, valmistatud ainest, mis on väiksema erikaaluga kui vee erikaal, ujub alati vee peal, sest ta kaal on väiksem vee kaalust keha ruumala suuruses (joon. 85). Et ujuks keha, mis on valmistatud aineist, mille erikaal on suurem kui vee erikaal, on vaja kehale anda seesugune kuju ja mõõted, et väljatõrjutud vee kaal oleks suurem keha enda kaalust. Väikeseks tombuks kokku keeratud seatinaleht (joon. 86) vajub vees põhja. Seatinast karbike, mis on valmistatud samast seatinalehest, võib ujuda vee peal (joon. 87).

Tähendab, laeva ehitamisel on vaja pöörata peamine tähelepanu laeva kaalule, suurusele ja kujule. Laev tuleb kalkuleerida nii, et ta kaal ühes masinate ja muu koormusega oleks võrdne vee kaaluga, mille tõrjub välja vees istuv laevaosa. Seda vees

istuvat laevaosa nimetatakse veealuseks osaks ja see eraldatakse pealveeosast värvilise vöödiga. Värvilist joont, harilikult punast, nimetatakse koormuse- ehk süvisejooneks, ja see märgib ära taseme, milleni laev võib täiskoormuse korral vette vajuda. Laeva vees asuva osa ruumala täiskoormuse puhul moodustab laeva veeväljasurve ja on laeva peamiseks iseloomustuseks. Kui öeldakse, et laeva veeväljasurve on 10 000 T, siis tähendab see, et ta kaal ühes koormusega on 10 000 T ja veealuse osa ruumala on 10 000 m³.



Joon. 86. Seatinatükk vajub põhja.



Joon. 87. Seatinast karbuke ujub.

Harjutus 23.

1. Mispärast ujub raske laev, aga vette kukkunud nael vajub põhja?

2. Laev sõidab jõest merre. Kuidas muutub selle üleminekuga laeva süvis (veesistuvus)?

3. Puust ujuk alloleva tina raskusega lastakse algul vette, hiljem õlisse. Nii selles kui ka teises vedelikus ujuk ujub. Kumbas vedelikus vajub ta sügavamale?

4. Elavhõbedaga anumasse visati raudmutter. Kas mutter vajub põhja või ujub elavhõbeda peal?

5. Korgist päästerõngas kaalub 12 kg. Kui suure koormuse suudab see rõngas vee peal hoida? (Korgi erikaal on 0,24 $\frac{G}{cm^3}$).

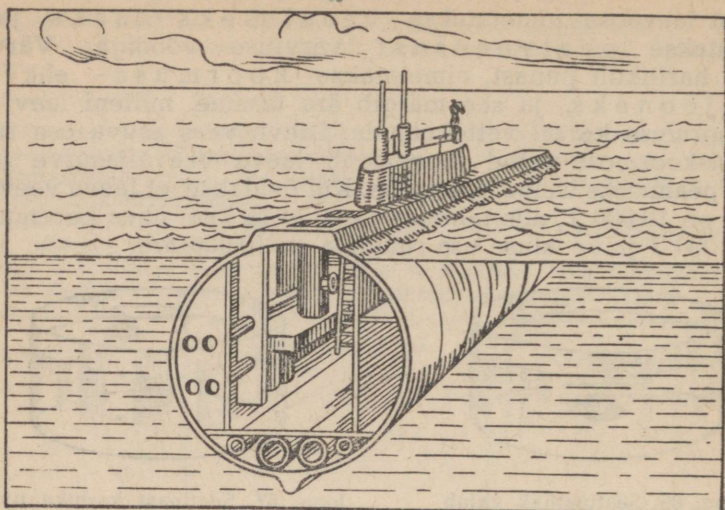
6. Joonisel 88 on antud vana-assüüria kujutis inimesest, kes ületab jõge burdjuki (loomanahast koti) abil. Joon. 89 kujutab poisikest, kes kasutab ujumisel korkvesti. Arvutada korkvesti kandevõime, kui ta ruumala on 5 dm³ ja korgi erikaal on 0,2 $\frac{G}{cm^3}$.



Joon. 88. Vana-assüüria kujutis inimesest, kes ületab jõge burdjukiga.



Joon. 89. Poiss, kes ujub korkvööga.



Joon. 90. Allveelaev.

51. Allveelaev. Allveelaevaks nimetatakse sõjalaeva, mis võib sukelduda vee alla ja liikuda seal mis tahes suunas (joon. 90).

Laeva alumises osas asetsevad ballastikambrid, mis on vajalikud laeva sukeldumiseks. Kuni ballastikambrid pole täidetud veega, on laeva kaal veidi väiksem kui vee kaal kogu laeva ruumala suuruses ja ainult väike osa laeva korpusest on vee peal. Kui avada ballastikambrid, täituvad need veega ja laeva kaal saab peaaegu võrdseks vee kaaluga kogu laeva ruumala ulatuses. Nüüd on kogu laev vajunud vee alla — veest paistavad ainult periskoobid¹.

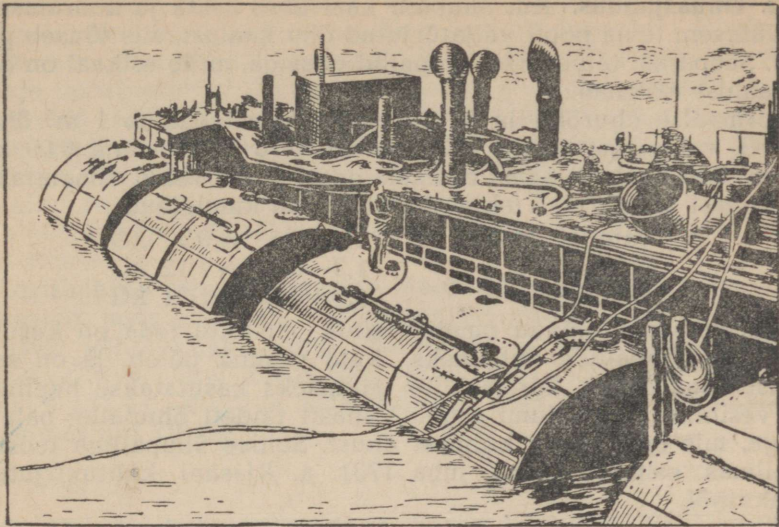
Muutes horisontaalrööride kallakut, võib laeva panna liikuma kas kaldu alla ning laskuma vajalikku sügavusse, või kaldu üles ning tõusma sügavusele, mis lubab kasutada periskoope.

Selleks et laeva tõsta pealvee-asendisse, aetakse vesi suruõhu abil ballastikambritest välja.

52. Uppunud laevade ülestõstmine. Kui siduda suure korgi külge seatinakoormus ja suruda kork ühes koormusega vee alla, siis niipea kui kork lahti lasta, tõuseb ta veepinnale ja tõstab enda järel seatinakoormuse. Mida suurem on korgi ruumala, seda suuremat koormust suudab ta tõsta. Niisiis võib kõnelda vedelikku asetatud keha kandejõust (tõstejõust).

Archimedese seaduse põhjal on vedelikus oleva keha kandejõud võrdne vedeliku kaaluga keha ruumala suuruses, maha arvatud keha enda kaal.

¹ Riistad merepinna vaatlemiseks.



Joon. 91. Jäälõhkuja „Sadko“ ülestõstmine.

Vedelikus olevate kehade kandejõud leiab kasutamist uppunud laevade tõstmisel merepõhjast.

Vee alla lastakse suured veega täidetud metallvaadid — p o n - t o o n i d. Need pontoonid kinnitatakse vee all, ühel või teisel viisil, uppunud laeva parda külge. Kui kinnitus on tehtud, aetakse pontoonidest suruõhu abil vesi välja, mille tagajärjel laev kerkib veepinnale, kus teda võib hakata remontima.

Palju uppunud laevu on sel kombel üles tõstnud Eriülesannetega Veealuste Tööde Ekspeditsioon (Экспедиция подводных работ особого назначения, lühendatult ЭПРОН). Nii näiteks tõsteti 1933. a. sügisel Polaarmere põhjast sel viisil üles jäälõhkuja „Sadko“, mis uppus 1916. a. (joon. 91). „Sadko“ ülestõstmiseks valmistati 12 määratu suurt pontooni, igaüks kandejõuga 200 T. Samal viisil tõstis ЭПРОН üles Mustas meres 1914. a. uppunud kauba-reisilaeva „Merkuri“ ja palju teisi laevu.

Harjutus 24.

1. Arvutage 1 cm^3 korgi kandejõud (korgi erikaal on $0,24 \frac{G}{cm^3}$). Arvutage, kui palju on vaja korki, et tõsta üles veega täidetud anuma põhjast suurt naela või mutrit. Teostage tõstmine. Oma arvestust näidake õpetajale.

2. Lodi, mille horisontaallõige on 400 m^2 , vajub laadituna 75 cm sügavamalt vette. Oletades, et ta pardad on vertikaalsed, määrata lodja poolt peale võetud koormuse suurus.

53. Õhuasjandus. Kui õhupalli kaal ühes kesta ja koormusega on väiksem tema poolt väljatõrjutud õhu kaalust, siis tõuseb pall üles. Seepärast täidetakse õhupallid gaasiga, mille erikaal on õhu erikaalust väiksem.

Normaalse õhurõhu ja 0° C temperatuuril kaalub 1 m³ õhku 1,3 kG, valgustusgaas 0,6 kG, heelium 0,18 kG, vesinik 0,09 kG.

1 m³ õhu kaalu ja sama ruumala gaasi kaalu vahet nimetatakse 1 m³ gaasi k a n d e j õ u k s. Järelikult on kandejõud:

valgustusgaasil	1,3—0,6 = 0,7 kG
heeliumil	1,3—0,18 = 1,12 kG
vesinikul	1,3—0,09 = 1,21 kG

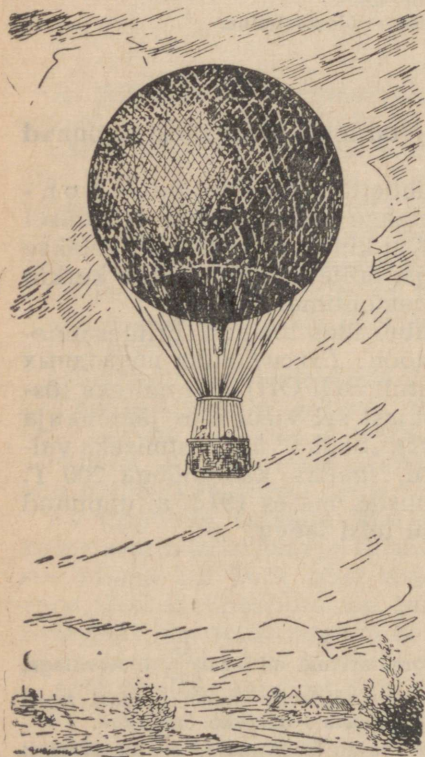
Suurimat kandejõudu omab vesinik, mistõttu teda on kasulik tarvitada õhupallide täitmiseks, kuid vesinik põleb ja on seepärast väga ohtlik. Dirizaablite täitmiseks kasutatakse heeliumi või vesiniku ja heeliumi segu. Vanasti täideti õhupalle palava õhuga, mis on kergem külmast õhust. Sellise õhupalliga teostas maailmas esimese lennu juba 1731. a. Rjasani kohtukirjutaja Krjakutnõi.

Harilik vabalennu õhupall, mida nimetatakse aerostaadiks, valmistatakse kummeeritud siidriidest ja täidetakse vesinikuga (joon. 92). Pallile on tõmmatud võrk, mille külge on seotud korv õhusõitjate jaoks.

Gaasi väljalaskmiseks on klapp, mille kaudu võib lasta välja osa gaasi; seejuures pall hakkab laskuma. Vastupidi, kui õhusõitjad on saavutanud kõrguse, kus palli kaal võrdub väljatõrjutud õhu kaaluga ja pall kõrgemale enam ei tõuse, siis, visanud alla teatud hulga ballasti (kuiva liiva, mis võetakse kaasa kottides), võivad õhusõitjad tõusta veel kõrgemale.

Peale vabalennu õhupallide kasutatakse veel kinnitatavaid õhutõkke aerostaate (õhupalle), mida Suures Isamaasõjas kasutati laialt linnade kaitseks õhürünnakute vastu (joon. 93).

Õhupallid, välja arvatud kinnitatavad aerostaadid, lendavad õhus sinna, kuhu tuul neid kannab; juhitud õhulaevad — dirizaablid — ilmusid siis, kui



Joon. 92. Aerostaat.

õnnestus valmistada kergeid võimsaid masinaid samasuguste propellerite pöörlemapanemiseks, nagu on lennukil. Dirižaablil on terava pära ja nüri esiotsaga pika sigari kuju (joon. 94). Ahtri külge on kinnitatud liikumatud pinnad — stabilisaatorid, mis ei võimalda dirižaablil pöörelda pikitelje ümber ja mis annavad talle püsivuse (stabiilsuse), ning roolid dirižaabli pööramiseks paremale ja vasakule, üles ja alla. Dirižaabli külge on kinnitatud gondlid reisijate jaoks. Gondlites asuvad ka mootorid propellerite pöörlemapanemiseks, mille abil dirižaabel võib liikuda soovitud suunas.

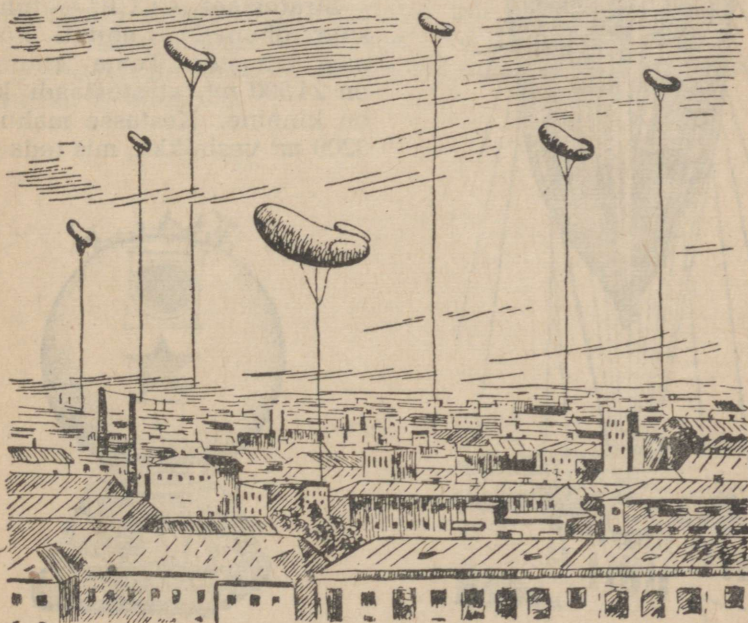
Dirižaablite täitmine gaasiga läheb väga kalliks maksma, seepärast ei lasta dirižaabli maandumisel gaasi täiesti välja, vaid gaasist vabastatakse ainult ballonetid (kummipõied dirižaabli keres), mille järel dirižaabel juhitakse kinnisesse ruumi — ellingsisse, kuhu ta jääb järgmise lennuni, või seotakse eriliste mastide külge.

Harjutus 25.

1. Kummipall mahuga 100 dm^3 on täidetud vesinikuga. Kui palju on see pall kergem samasugusest pallist, mis on täidetud õhuga?

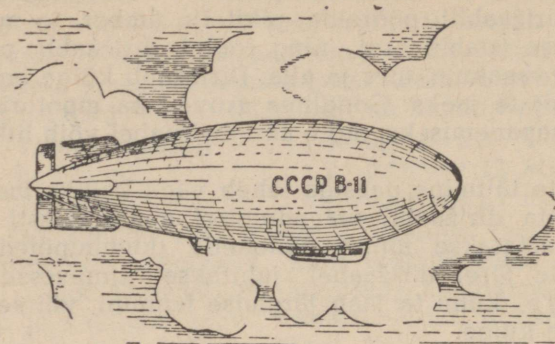
2. Laste õhupallid tõusevad üles. Kumb on suurem, kas selle palli kaal ühes teda täitva gaasiga või õhu üleslükkejõud?

3. Õhupalli ruumala on 1500 m^3 ja ta on täidetud vesinikuga. Kest ja gondel kaaluvad 250 kg . Kas on see pall suuteline üles tõstma 5 reisijat, kui igaüks kaalub 65 kg ?

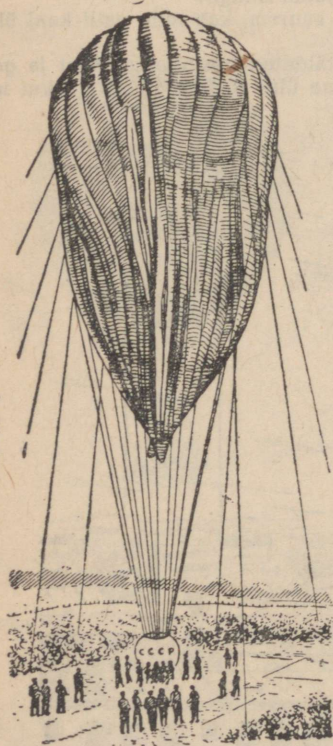


Joon. 93. Õhutõkke aerostaadid.

54. Nõukogude stratostaadid. 30. septembril 1933. a. kolm nõukogude spetsialisti — Prokofjev, Godunov ja Birnbaum — teostasid teaduslikul eesmärgil lennu atmosfääri ülemistes kihtidesse,



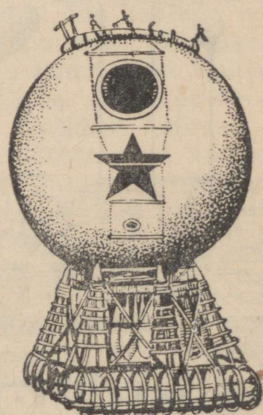
Joon. 94. Dirizaabel.



Joon. 94-a. Stratostaat.

mida nimetatakse stratosfääriks, erilise õhupalliga — stratostaadiga (joon. 94-a).

Stratostaat „CCCP“ — tohutu suur õhupall — ehitati kodumaa tehastes. Tema ruumala on $24\,500\text{ m}^3$, stratostaadi kest on kinnine. Kestasse mahutati 3200 m^3 vesinikku, mis teda täi-



Joon. 94-b. Gondel.

tis ainult osaliselt. See vesiniku hulk oli piisav, et tõsta üles kuni 2000 kG raskust koormust, kaasa arvamata kesta ja gondli kaalu, kus asetsesid vaatelejad ja mitmesugused vaatlusriistad. Stratostaadi gondel oli kerakujuline, diameetriga ligi 2 m (joon. 94-b).

Gondel tehti koltšugalumiiniumist. Ta kestas oli ava, mille kaudu vaatelejad läksid gondlisse, ja mitu akent paksude klaasidega. Ava suleti täiesti tihedalt, nii et õhk ei pääsenud ei gondlisse ega gondlist välja. Seepärast jäi rõhk gondlis kogu aja ühesuguseks ja madal välisrõhk ei saanud tekitada kahju vaatelejaile, kes asusid gondlis.

Stratostaat „CCCP“ tõusis 19 km, s. o. kõrgusele, milleni veel keegi polnud kunagi tõusnud. Lennu ajal tehti rida väärtuslikke vaatlusi ning mõõtmisi ja stratostaat maandus õnnelikult Moskva lähedal, Kolomna tehaste juures.

30. jaanuaril 1934. a. kell 9.07 hommikul startis Moskva kohal Leningradi Osoaviahimi stratostaat „Osoaviahim I“ stratosfääri teaduslikuks uurimiseks talve tingimustes. Kell 11.59 saavutasid kolm julget stratosfääri uurijat Fedossejenko, Vassenko ja Ussõskin kõrguse 20 600 m ja saatsid sealt parteile ja tööliklassile oma võitlustervituse.

Kell 12.30 saavutas stratostaat „Osoaviahim I“ kõrguse maksimumi 22 000 m ja hakkas seejärel laskuma. Raadioside stratostaadi ja maa vahel katkes kell 13.00 ja hilja ööl tõi telegraaf teate, et samal 30. jaanuaril kell 16.00 tabas stratostaati avariit, mille tagajärjel hukkusid kangelased, kes ründasid stratosfääri.

Hukkunud seltsimehed kirjutasid uue ereda lehekülje inimkonna võitlusajaloosse loodusega. Nende nimesid, samuti nagu teiste kangelaste nimesid, kes andsid oma elu teaduse ja tehnika edu eest, ei unustata.

IV peatükk.

LIIKUMINE JA JÕUD.

55. Mehhaaniline liikumine. Kehade liikumist me näeme kõigjal: inimese liikumist tänaval, rongi liikumist rööbastel, keha langemist Maa peale, lennuki lendu, masina mitmesuguste osade liikumist, Kuu liikumist taevavõlvil jne.

Me räägime, et tänaval liigub inimene, sest me näeme, et inimese asukoht muutub majade suhtes, mida peame liikumatuiks. Samuti otsustame rongi liikumise kohta jaamade suhtes.

Me ei või midagi öelda keha liikumise kohta, kui me ära ei näita, milliste teiste, paigalseisvatena võetud kehade suhtes tema liikumist vaatleme.

Oletame, et istume seisvas rongis vaguni akna juures. Kõrvalteel seisab teine rong. See varjab meie eest jaamahoone. Kostab kell. Meist mööduvad teise rongi vagunid: Meile näib, et hakkas liikuma meie rong. Kui aga kadus teise rongi viimane vagun, ning nähes jaamahoonet, me veendume, et sõitis mööda vastasuunas teine rong, meie oma aga seisab veel.

Kui keha oma asendit Maa suhtes ei muuda, siis ütleme, et ta on paigal. Kuid ometi teame, et Maa ise liigub ümber Päikese. Järelikult on antud keha paigal vaid Maa suhtes, Päikese suhtes näiteks liigub ta aga ühes Maaga. Kuid, nagu tõestasid teadlased, liigub ka Päike ühes kõigi planeetidega tähtede suhtes, mis samuti omavad maailmaruumis oma liikumist.

Nii ei suudaks meie kogu maailmaruumis leida sellist keha, mis oleks liikumatu.

Kõik kehad on suhtelises liikumises, iga meie poolt täheldatud paigalseis on suhteline.

Harjutus 26.

Läbi arutada alltoodud näited, näidates suhtelise liikumise ja suhtelise paigalseisu juhtusid.

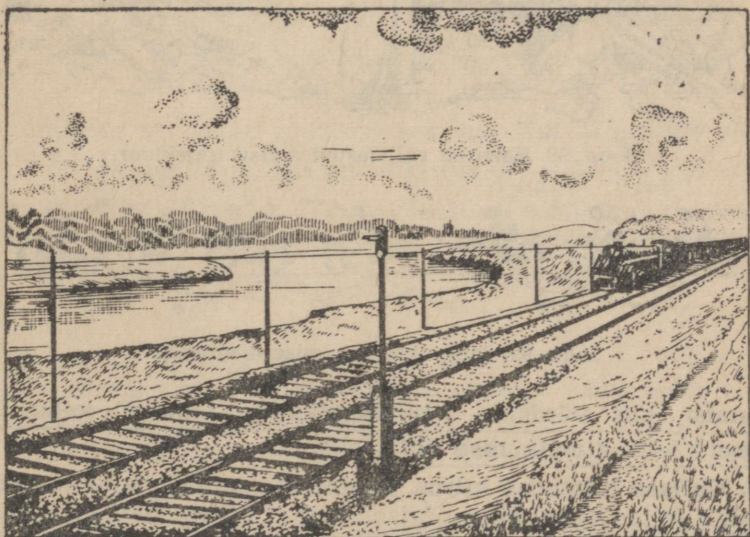
1. Maanteel liigub hobune vankriga.
2. Päikesepaisteline ilm. Jõe kallas. Kaldal on puu. Veevool kannab edasi lootsikut, aga lootsikus istub inimene.



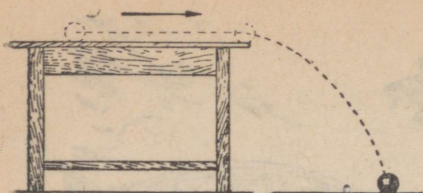
Joon. 95. Mitmesuguste kehade liikumine.

56. Sirgjooneline ja kõverjooneline liikumine. Joonisel 96 näeme sirgjoonelist raudtee lõiku. Eemalt on näha lähenev rong. Ta liigub sirgjooneliselt. Sirgjooneliselt liiguvad tuuletu ilma puhul vihmapiisad, krocketipall pärast lööki jt.

Kõverjooneliselt liiguvad pöörlevad ratta kodarad, laualt kiirelt mahaveerev kuulike (joon. 97), kahurist väljalastud mürsk (joon. 98).



Joon. 96. Sirgjooneline raudtee osa.



Joon. 97. Kuulike veeb laualt maha kõverjoont mööda.

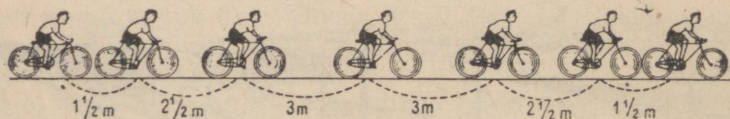
Kõverjooneliselt liiguvad kõik kehad, mis on visatud horisontaalselt või kaldu horisondile.

57. Ühtlane liikumine. Joonisel 99 on skemaatiliselt kujutatud jalgratturi liikumine teekonna algul, keskel ja lõpul. Sirgjoon on jalgratturi tee, sellel olevad lõigud aga ühesugustel ajavahemikkudel läbitud

teed. Me näeme, et jalgratturi liikumine teekonna algul ja lõpul erineb liikumisest teekonna keskel. Selles, keskmises osas, nagu näitab joonis, läbib jalgrattur võrdsetel ajavahemikkudel võrdsed vahemaad. Sellist liikumist nimetatakse ühtlaseks liikumiseks.



Joon. 98. Kahurist väljalastud mürsu trajektoor.



Joon. 99. Jalgratturi liikumise diagramm.

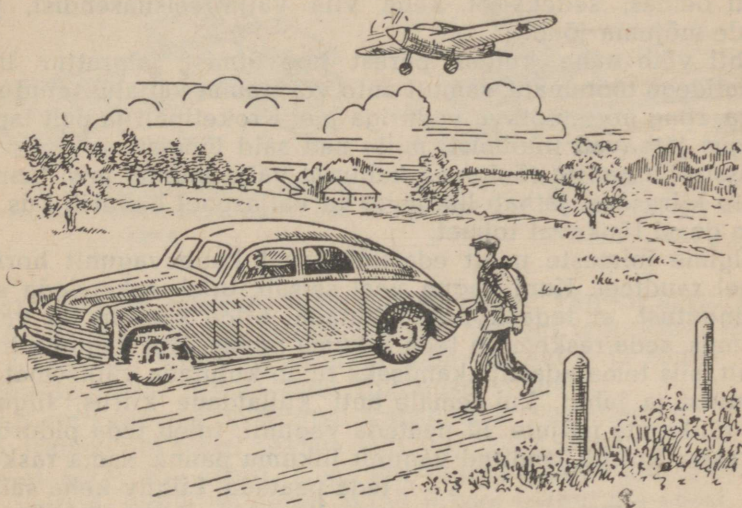
Liikumist, kus võrdsete ajavahemikkude jooksul keha läbib võrdsed teid, nimetatakse ühtlaseks.

58. Ühtlase liikumise kiirus. Maanteel sammub jalakäija, kihutab auto ja tee kohal õhus põriseb lennuk (joon. 100). Oletame, et kõik need kehad liiguvad ühtlaselt, kuid sellele vaatamata erinevad nende liikumised üksteisest.

Auto liigub jalakäijast kiiremini, lennuk aga autost kiiremini. See tähendab, et ühe ja sama ajavahemiku jooksul läbib auto suurema vahemaa kui jalakäija, lennuk aga suurema kui auto.

Oletame, et jalakäija käib ära igas minutis 0,1 km, auto 1 km, lennuk aga 10 km. Siis räägitakse, et jalakäija kiirus on 0,1 km minutis, auto kiirus 1 km minutis, lennuki kiirus aga 10 km minutis.

Ühtlase liikumise kiirus näitab, millise vahemaa läbib keha ühe ajaühiku jooksul.



Joon. 100. Inimene, auto ja lennuk liiguvad erineva kiirusega.

Ajaühikuks võetakse füüsikas sekund. Kui jalgrattur sõidab 5 sekundi jooksul 25 m, siis on ta kiirus $\frac{25 \text{ m}}{5 \text{ sek.}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{sek.}}$ (loetakse — viis meetrit sekundis). Tihti võetakse ajaühikuks minut ja mõnikord ka tund. Kui näiteks rong sõidab kahe tunniga 60 km, siis on ta kiirus 30 km tunnis ($30 \frac{\text{km}}{\text{tund}}$) ehk $500 \frac{\text{m}}{\text{min.}}$.

Harjutus 27.

1. Mõõtke oma liikumise kiirus kodust koolini.
2. Lask kahurist toimus vaatelejast 2640 m kaugusel. Pauku kuulis vaatleja 8 sekundi pärast. Arvutage hääle kiirus õhus.
3. Auto sõidab ühtlase kiirusega $30 \frac{\text{km}}{\text{tund}}$. Kui pika ajaga sõidab auto ära vahemaa 80 km?
4. Tormi kiirus on $25 \frac{\text{m}}{\text{sek.}}$. Kui kaugele jõuab torm 5 min. jooksul?
5. Liikudes ühtlaselt läbis keha t sekundi jooksul s meetrit. Avaldada selle keha kiirus v läbitud tee ja aja kaudu.

59. Inerts. Vaadeldes esemeid, mis meie suhtes seisavad paigal, märkame, et nad ei hakka iseenesest liikuma.

Lauale pandud raamat jääb kohale, kuni keegi asetab ta teise kohta. Rong seisab paigal nii kaua, kuni vedur hakkab teda vedama. Koorem ei tõuse iseenesest üles. Mürsk, mis on pandud kahuritorusse, ei lenda välja nii kaua, kuni teda ei tõuka välja püssirohu gaasid.

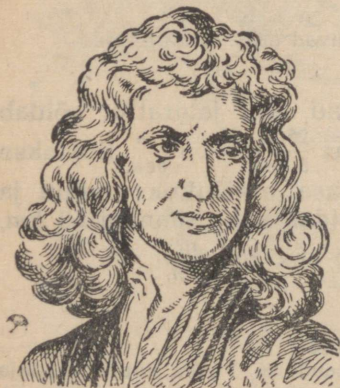
Toodud näited, millele igaüks võib lisandada uusi, on selle tõenduseks, et keha liikumapanemiseks on vajalik tema mõjutamine mingi teise keha poolt, teisiti öeldes, selleks et keha viia välja seisuasendist, peab temale mõjuma jõud.

Tihti võib näha, kuidas pärast hoovõtmist jalgrattur liigub pedaalidega töötamata, samuti auto või tramm väljalülitatud mootoriga, rong mittetöötava veduriga jne. Krocketipall ja pall laptuumängus jätkavad liikumist, mille nad said löögist.

Püssirohu gaasid tõukavad kahurist välja mürsu, mis, lennates tohutu kiirusega, jätkab liikumist ka väljaspool kahurit, kus pole enam gaasi tõukavat toimet.

Jälgime inimeste poolt edasilükatavat kaubavagunit horisontaalsel raudteel. Kuni vagun veel seisab, tuleb rakendada suurt jõupingutust, et teda kohalt nihutada. Mida suurem on vaguni koormus, seda raskem on teda liikuma panna. Kui vagun nihutati kohalt, siis tema edasilükkamiseks tuleb kulutada väiksemat jõupingutust ja juhul, kui temale anti küllaldane kiirus, liigub ta ilma tõukajate mõjuta. Et peatada vagunit, tuleb teda pidurdada. Nii raske, kui oli laaditud vagunit liikuma panna, sama raske on

teda peatada. Liikuv keha säilitab oma liikumise. Liikuva keha peatamiseks tuleb temale rakendada jõudu. Selliste vaatluste põhjal tuli Galilei järeldusele, et kehal on omadus säilitada paigalolekut või ühtlast sirgjoonelist liikumist. Seda keha omadust nimetatakse inertsiks. Inimsoo sajandite kogemused näitavad, et iga keha on inertne. Seega võib väita, et iga keha püsib paigal või liigub ühtlaselt ja sirgjooneliselt seni, kuni temale ei mõju jõud.



Isaac Newton (1643—1727).

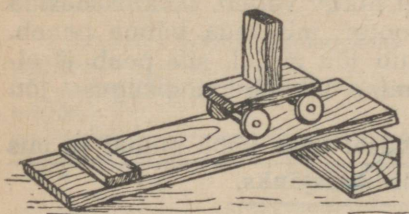
Newtoni poolt ja on sellest ajast tuntud esimese liikumiseaduse ehk inertsiseaduse nimetuse all.

Paneme kergelt kallutatud lauale liikuma vankrikese, millel

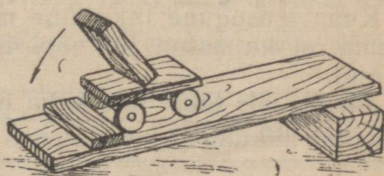
seisab puuklots (joon. 101). Vankri teele asetame mingi eseme, et peatada liikuvat vankriket.

Vankrikese seismajäämisel kukub klots ümber liikumise suunas (joon. 102).

See katse demonstreerib inertsinähtust küllalt hästi. Vankri peatumisel jäi seisma ka klotsi alumine ots, sest klotsi ja vankri vahel on hõõrdumine. Klotsi ülemine ots jätkab inertsitõttu



Joon. 101. Kalduasetatud laual liigub vankrike. Vankrikesel seisab puuklots.



Joon. 102. Vankrikese pöörkamisel vastu tõket kukub puuklots maha.

endist liikumist, mistõttu klots kukub ümber. Täpselt samuti langeb näoga ettepoole, kui uisutamisel millegi taha kinni jääme. Täpselt samuti kalduvad reisijad trammis, autos ja rongis järsu peatumise puhul inertsitõttu liikumise suunas.

Eriti suur tähtsus on inertsil transpordis. Tegelikult on liikuva auto, trammi või rongi peatamiseks vaja aega. Ei saa kiiresti peatada ei autot ega rongi. Isegi kui tugeva piduri abil mõjutada auto rattaid, liigub ta inertsitõttu mõjul ikkagi teatud aja edasi. Kuid auto või rongi järsud peatused ei peata veel inertsitõttu liikumist jätkavaid reisijaid, mis võib olla õnnetusjuhtumite põhjuseks.

Harjutus 28.

1. Tooge näiteid liikumise kohta, mis toimuvad inertsitõttu.

2. Mispärast saab haamri panna varre otsa, kui lüüa varre otsa pihta (joon. 103)?



Joon. 103. Haamri panemine varre otsa.



Joon. 104. Haamri varre otsa panemise teine viis.

3. Joonisel 104 on näidatud haamri varre otsa panemise teine viis. Seletage seda.

4. Miks kukub komistav inimene? Kuhupoole?

5. Millel põhjeneb riiete vabastamine tolmust kloppimise teel? raputamise teel?

6. Hüpates kõrgelt jalgadele, painutab inimene põlvi. Seletada, mispärast.

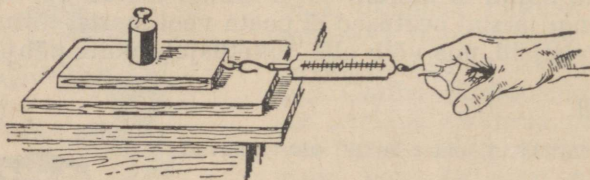
60. Hõõrdumine. Vaadeldes mitmesuguseid liikuvaid kehi, pane neme sageli tähele, et nende liikumine aeglustub järk-järgult ja et see viimati lakkab. Peatub raudteel liikuv vagun, lakkab masina liikumine, kui lülitatakse välja mootor, mis teda käima paneb.

Kuna igasugune liikumine muutub jõu mõjul, siis peab järeldama, et ka antud juhtudel liikumine lakkab mingisuguse jõu mõjul.

Jõudu, mis tekib ühe keha liikumisel teise keha pinnal ja mis takistab liikumist, nimetatakse hõõrdumisjõuks.

61. Hõõrdumisjõu mõõtmine. Et mõõta hõõrdumisjõudu, võib toimida järgmiselt.

Kinnitame väikese lauakese külge (joon. 105) dünamomeetri. Vedades sellega lauakest aeglaselt ning ühtlaselt teist pikka lauda mööda, mis on asetatud horisontaalselt, mõõdame tõmbejõudu, mida näitab dünamomeeter. Kuna see tõmme kulub hõõrdumisjõu ületamiseks, siis on tõmbejõud võrdne hõõrdumisjõuga. Sel viisil võib määrata hõõrdumisjõudu mitte ainult kahe puulauakese vahel. Kasutades mitmesuguseid lauakesi ja plaate, võib määrata hõõrdumisjõudu, mis tekib nende pindade vahel mitmesugustes tingimustes.



Joon. 105. Hõõrdumisjõu mõõtmine.

Liigutades mitmesuguseid horisontaalseid pindasid mööda mitmesuguste koormustega lauakesi, võime teha kindlaks, et erinevates tingimustes on ka hõõrdumisjõud erinev.

Harjutus 29.

1. Siduge raamatu ümber niit ja kinnitage niidi külge 20 cm pikkune kumminiit. Asetage raamat lauale ja tõmmake kumminiidist. Mõõtke venitava kumminiidi pikkust raamatu ühtlasel liikumisel.

2. Asetage raamatu alla kaks silindrilist sulepead või kaks silindrilist pliiatsit. Mõõtke pingule tõmmatud kumminiidi pikkust raamatu ühtlasel liikumisel „rullikestel“. Võrrelge mõlema katse tulemusi.

62. Laboratoorne töö nr. 6. Töö eesmärk — selgitada, millistest põhjustest oleneb hõõrdumisjõud.

Katseriistu ja materjale: pikk siledaks hõõveldatud laud (võib olla ka siledapinnaline töölaud); väike siledaks hõõveldatud lauake, teine samasugune lauake, mille pindala on kaks korda suurem kui esimesel (lauakeste kaal on ühesugune), raudplaat suure laua jaoks, raudplaat ühe väikese laua jaoks; koormus, kaks ümmargust rulli, dünamomeeter, nõör, kartong, liivapaber, kartong pealekleebitud kaleviga.

Tööjuhend.

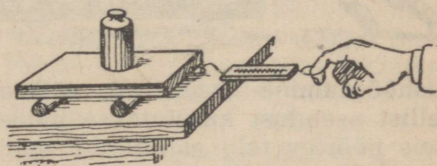
1. Määrake hõõrdumisjõud kahe laua vahel, kui ülemisel laual on mingi koormus.

Muutes ülemise lauakese koormust, määrake iga koormuse jaoks hõõrdumisjõud:

Järjekorra nr.	Koormus kG	Hõõrdumisjõud
1		
2		
3		
4		

2. Uurige järele, kas muutub hõõrdumisjõud, kui vahetatakse hõõrduvate pindade materjale. Töö selle osa jaoks kasutage teil olevaid mitmesuguseid aluseid: kartongi, liivapaberit, kaleviga kleebitud kartongi, plekitükke.

3. Uurige hõõrdumist, pannes laua alla rullikesed (joon. 106). Tehke katsest vastavad järeldused.



Joon. 106. Lauake rullikestel.

63. Hõõrdumise tähtsus praktikas. Tehnikas on hõõrdumisel kahesugune osa: mõnikord on ta äärmiselt tarvilik ja teda püütakse suurendada, teistel kordadel on ta aga kahjulik ja temast püütakse igati vabaneda. See märkus puudutab mitte ainult tehnikat, vaid ka igapäevast elu. Kui poleks hõõrdumist, ei saaks me midagi kätte võtta. Nagu libe kala libiseb käest, nii libiseksid käest hõõrdumise puudumisel kõik esemed, mida sooviksime tõsta.

Kiilasjää puhul on raske kõndida libedaid kõnniteid mööda. Et suurendada hõõrdumist taldade ja kõnnitee vahel, puistatakse kõnnitee liivaga üle. Kui poleks hõõrdumist, oleks käimine täiesti võimatu. Mõnikord käivad rööpail pöörlevad veduri rattad kiiresti ringi, liigutamata kohalt vedurit. Et suurendada hõõrdumist, raputab masinist rööpaille liiva. Et suurendada hõõrdumist tee ja autokummide vahel, tehakse kummidesse hambulised mustrid. Talvel, kui rataste libisemine jäisel teel on eriti suur, mähitakse autorataste ümber ketid.

Katse näitab, et koormuse suurenemisel suureneb ka hõõrdumisjõud.

Et arendada rongi liikumapanemiseks vajalikku tõmmet, peab vedur olema küllalt raske, sest ainult raske veduri puhul on olema küllaldane hõõrdumine veduri rataste ja raudtee rööbaste vahel.

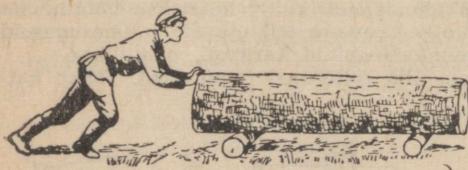
Et suurendada hõõrdumist rihmaratta ja rihma vahel, määratakse rihma erilise pastaga.

Paljudel muudel juhtudel, nagu juba näidatud, on tarvis hõõrdumist vähendada.

Kui hõõrdumispinnad on siledad ja kui nende vahel on õlikiht, siis väheneb nende vahel hõõrdumisjõud. Seepärast püütakse masina hõõrduvad osad teha võimalikult siledad, nende vahele pannakse õlimäärdeid. Mõningatel masinatel on seadised, mille abil määrimine toimub automaatselt.

Väga tihti tehakse masinate laagrid erilistest materjalidest, mis erinevad oma pehmuse ja väga väikese hõõrdumise poolest. Selline sulam on näiteks babiit.

64. Kuullaagrid. Raskete esemete edasinihutamiseks pannakse sageli nende alla rullid (joon. 107), seejuures muudetakse liugu-



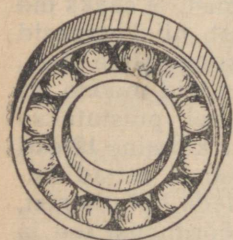
Joon. 107. Puu edasilükkamine rullidel.

mishõõrdumine tunduvat väiksemaks veeremishõõrdumiseks. Sellist asendust kasutatakse näiteks niinimetatud kuullaagrites. Neis pöörlev telg ei hõõrdu laagri liikumatu osa vastu, vaid veereb laagris telje ja laagri liikumatu osa vahele asetatud teraskuulidel. Kuullaagritega varustatakse mitmesugused masinad: autod, treipingid, tekstiilimasinad, elektrimootorid, jalgrattad, jõuülekanne seadised. Kuullaagreid võib panna raudteevagunite telgedele, völliile, mille külge on kinnitatud lennuki propeller —

ühe sõnaga, kõikjale, kus soovitakse saada hõõrdumise suurimat vähenemist.

Lihtsaima kuullaagri ehitus on kujutatud joonisel 108. Karastatud terasest sisemine rõngas asetatakse völliile. Välimine rõngas paigutatakse kuullaagri jaoks valatud malmipesasse. Völli pöörlemisel veereb sisemine rõngas välisrõngas olevail kuulikestel.

Moskvas ja Nõukogude Liidu teistes linnades on eritehased, mis on sisustatud tehnika viimase sõna järgi ja mis valmistavad kuullaagreid kõige mitmekesisemaid masinaid valmistavaile tehaseile.



Joon. 108. Kuullaager.

V peatükk.

Töö ja energia.

65. Töö. Kui me tõstame mingit koormust, näiteks pangega vett kaevust, või paneme kartulikotti koormasse, siis teeme mehhaanilist tööd. On arusaadav, et mida raskem on koormus, mida kõrgemale tuleb seda tõsta, seda suurema töö teeme.

Mehhaanilist tööd tehakse mitte ainult keha tõstmisel, vaid ka kõigil juhtudel, kui rakendatud jõu mõjul toimub keha liikumine.

Hobune veab vankrit; liikuv vasar lööb puusse naela; tööline tõstab ehitusel koormat; plahvatusel tekkiva tohutu suure gaasidehulga rõhk purustab kalju, paiskab kahurist välja mürsu jne.

Kõigil loetletud juhtudel tehakse tööd. Kui me tõstame koormust, siis rakendame jõudu, et ületada raskusjõudu. Kui hobune veab vankrit, siis ta rakendab jõudu, et ületada vankri liikumise takistust. Mida raskem on hobusel vankri vedamine, mida suuremat jõudu ta rakendab ja mida pikem on tee, mida mööda ta vankrit veab, seda suurem on ilmselt ka hobuse poolt tehtud töö. Samasuguse järelduse võib teha ka kõigil muudel juhtudel, kui tehakse tööd. Järelkult sõltub töö hulk rakendatud jõu suuruselt ja selle jõu mõjul keha poolt läbitud tee pikkusest.

Et osata mõõta töö hulka, on eelkõige vaja kindlaks määrata töö mõõduühik.

Tööühikuks võetakse selline töö, mille teeb 1-kilogrammiline jõud 1 meetri pikkusel teel.

Seda tööühikut nimetatakse kilogramm-meetriks (lühendatult — kGm).

Oletame, et vankri liikumise takistusjõud on 30 kG ja hobune veab vankri 100 m kaugusele. Kui suure töö teeb seejuures hobune?

Arutleme nii: 1-kilogrammise liikumistakistuse ületamisel 1 meetri pikkusel teel tehakse 1 kGm tööd. Et ületada 30 kG takistust 1 m pikkusel teel, on vaja teha 30 kGm tööd. Kui aga hobune, arendades 30 kG jõudu, veab vankri 100 meetri kaugusele, siis on ka tema poolt tehtud töö 100 korda suurem. Seega on otsitav töö võrdne $30\text{ kG} \times 100\text{ m} = 3000\text{ kGm}$.

Vaatame teist näidet: oletame, et tõstes mingit koormust, rakendame 10 kG suuruse jõu. Kui suure töö me teeme, tõstes selle koormuse püstloodis 2 m kõrgusele?

Arutanud samuti nagu esimeses näiteski, leiame, et meie poolt tehtud töö võrdub $10 \text{ kG} \times 2 \text{ m} = 20 \text{ kGm}$.

Gaaside keskmine rõhumisjõud kuulile püssirauas on 1200 kG, püssiraua keermikuga osa pikkus on 65 cm (0,65 m). Järelikult püssirauast kuuli väljapaiskavate gaaside töö võrdub

$$1200 \text{ kG} \times 0,65 \text{ m} = 780 \text{ kGm}.$$

Vaadeldud näiteist selgub, et tööhulga arvutamiseks on vaja rakendatud jõu suurus korrutada kaugusega, mille keha läbib jõu suunas.

Kui märgime jõu suuruse tähega F , keha poolt jõu mõju suunas läbitud tee pikkuse tähega S , seejuures tehtud töö aga tähega A , siis võib eespool tähendatud sõltuvust märkida nii:

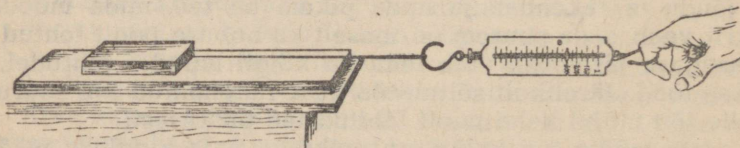
$$A = F \cdot S.$$

Saadud algebralist avaldist nimetatakse mehhaanilise töö arvutamise valemiks.

Harjutus 30.

1. Joonisel 109 näidatud lauake liigub lauatükil ühtlaselt 60 cm kaugusele. Lugege ära, millist tõmbejõudu näitab dünamomeeter (dünamomeetri iga jaotis võrdub 100 grammiga), ja arvutage tehtud töö.

2. Puusaagija lükkab sae 50 cm kaugusele, kasutades 10 kG jõupingutust, kusjuures iga lükkega süveneb saag 3 mm võrra. Kui palju tööd on vaja, et saagida läbi 30 cm jämedune palk?



Joon. 109.

3. Kui suure kiirusega võib hobune vedada vankrit, rakendades 60 kG jõupingutust, kui ta minutis teeb tööd 3600 kGm?

4. 5-atmosfäärilise aururõhu all käis kolb ära 0,5 m. Määrata auru töö, kui kolvi pindala on 300 cm².

66. Võimsus. Uhte ja sama mehhaanilist tööd võivad erinevad jõumasinad teha mitmesuguste aegadega. Kui näiteks tööline kulutab telliste kandmiseks uusehitise ülemisele korrusele mitu päeva, siis võib tõstakraana sama töö teha mõne minutiga.

Uhe hektari suuruse maatüki võib hobusega üles künda 10—12 tunniga, traktor aga teeb sama töö 40—50 minutiga.

Seeja on erinevail jõumasinail erinev töövõime ehk võimsus.

Võimsust mõõdetakse tööhulgaga, mida tehakse ühe sekundi jooksul.

Kui tööd mõõta kilogramm-meetritega, siis on võimsuse ühikuks selline võimsus, mis võimaldab teha töö 1 kGm ühes sekundis.

Selle ühiku nimetus tähistatakse lühendatult nii: $1 \frac{kGm}{sek.}$

Kui jõumasin teeb ühe minutiga tööd, mis on võrdne 30 000 kGm , siis on ta võimsus $\frac{30\,000\ kGm}{60\ sek.} = 500 \frac{kGm}{sek.}$. Märkides töö tähega A , aja tähega t ja võimsuse tähega N , võime avaldada võimsuse järgmise valemi kujul:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Tehnikas mõõdetakse mõnikord masinate võimsust „hobujõududega“ (lühendatult HJ).

1 hobujõud võrdub võimsusega $75 \frac{kGm}{sek.}$

Nimetust „hobujõud“ tuleb tunnistada ebaõnnestunuks¹. Sõna „jõud“ on tarvitatud sõna „võimsus“ asemel ja pealegi tavaline hobune teeb märksa vähem tööd kui masin võimsusega 1 hobujõud sama aja jooksul.

Kestva töö puhul on hobuse võimsus umbes 0,4—0,6 HJ . Inimese võimsus kestva töö puhul on 0,1—0,05 HJ . Mitmesugused jõumasinad omavad väga mitmesugust võimsust, hobujõu kümendikkudest (õmblusmasina elektrimootor) kuni sadade tuhandete hobujõududeni (turbiinid).

Harjutus 31.

1. Uks masin teeb ühe minuti jooksul 22 500 kGm tööd, teine masin 8 minuti jooksul 28 000 kGm . Kumb masin omab suuremat võimsust?

2. Määrata tõstemasina võimsus, kui masin tõstab 750 kG 3 m kõrgusele 10 $sek.$ jooksul.

3. Teades, et inimene tarvitab käies rõhtsal teel jõupingutust, mis on võrdne ta enda kaalu $\frac{1}{20}$ -ga, arvutage võimsus, mida te arendate minnes koolist koju.

4. Elevaator tõstab tunnis 720 000 kG teri 25 m kõrgusele. Määrata selleks tööks vajalik võimsus.

5. 100 m sügavusse šahti koguneb minutis 4,5 m^3 vett. Kui suur peab olema selle vee ärापumpamiseks kasutatava pumba võimsus?

¹ Võimsuse ühiku „hobujõud“ saamisluhu on järgmine. Algul kasutati Watt'i aurumasinat vee väljapumpamiseks söekaevandustest.

Enne aurumasinat tehti see töö hobustega. Seepärast võeti hobust asendava aurumasina võimsuse ühiku kindlaksmääramisel võimsuse ühikuks hobuse võimsus, s. o. tööhulk, mille teeb hobune ajaühiku jooksul.

Arvates, et tugev hobune, arvestades meie ühikuis, võib anda 75 kGm sekundis, nimetati võimsust $75 \frac{kGm}{sek.}$ „hobujõuks“.

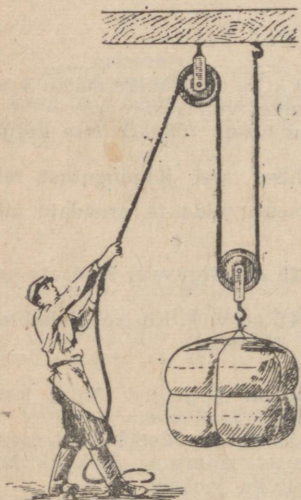
67. Liikumatu plokk. Tehes tööd kasutame tihti mitmesuguseid mehhanisme, nagu plokkke, kange jne. Arutleme lähemalt, mida annab meile nende mehhanismide kasutamine.

Et nööri abil tõmmata koormust alt üles, pole sugugi vaja nööri tingimata ülespoole tõmmata. Võime visata nööri üle mingi toe ja tõmmata nööri selles suunas, millises meil on mugavam. Koormus tõuseb sel juhul üles toe poole.

Et vähendada üle toe visatud nööri hõõrdumist, võib nööri märjaks teha või seebitada; võib toe selle koha, mille vastu hõõrub nöör, teha siledamaks, ümmargusemaks; lõpuks võib panna nööri üle rattakese, mis pöörleb nööri liikumisel.

Telje ümber pöörlevat uurdega rattakest, mis on asetatud hargi vahele, nimetatakse plokiks. Joonisel 110 on näidatud, kuidas sellist plokki kasutades tõstetakse üles koormusi. Ploki hark on kinnitatud liikumatult üles, üle rattakese on pandud nöör. Nööri üks ots kinnitatakse ülestõstetava koormuse külge, teist otsa pidi aga tõmmatakse nööri allapoole. Ploki telg jääb liikumatuks. Sellist plokki nimetatakse liikumatuks plokiks.

Arvutame töö, mille teeme, tõstes koormust liikumatu ploki abil, ja töö, mida teeksimme, tõstes sama koormuse samale kõrgusele ilma plokita. Selleks on vaja mõõta jõudu, millega tõmmatakse nööri. Mõõtmised näitavad, et see on peaaegu võrdne ülestõstetava koormuse kaaluga (joon. 111) (jõud, millega tõmmatakse, on praktiliselt koormuse kaalust veidi suurem, sest kasutades plokki, oleme sunnitud ületama tõstmisel tekkivat hõõrdumist). Täheandab, jõud, mis tegid töö ühel ja teisel juhul, on võrdsed. Võrdsed on ka läbitud teed, sest kuivõrd liigub edasi nööri



Joon. 110. Liikumatu plokk.



Joon. 111. Liikumatu plokk ei anna võitu jõus ($P = F$).

ots, millest tõmmatakse, niivõrd kerkib koormus. Seepärast on ka tehtud töö ühel ja teisel juhul üks ja sama.

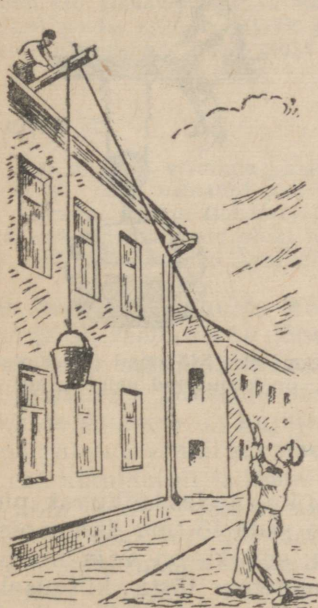
Järelikult ei anna liikumatu plokk meile mingisugust kasu ei jõus ega töös, kuid me võime seda kasutades muuta jõu suunda: me tõmbame nööri kas allapoole või küljele, koormus aga läheb üles.

Harjutus 32.

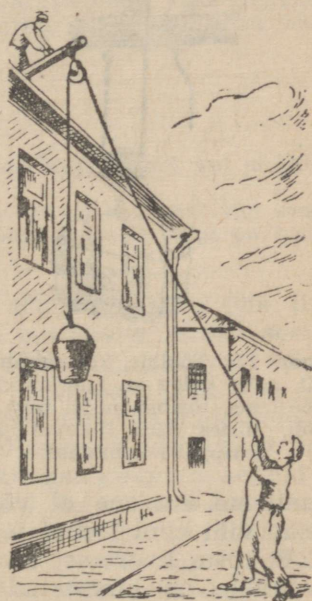
1. Joonistel 112 ja 113 kujutatakse koormuse tõstmise kahte juhtu. Millisel juhul ja mispärast on vajalik suurem jõupingutus?

2. Kas 75 kG raskune inimene suudab liikumatu plokki abil üles tõsta 85 kG? Arutlege võimalikke juhtumeid.

68. Liikuv plokk. Plokki abil võib koormust üles tõsta nii, nagu kujutatud joonisel 114. Nööri üks ots on kinnitatud liikumatult, teist otsa pidi tõmmatakse ülespoole. Tekkinud aasas ripub plokk, mille külge on kinnitatud tõstetav koormus.



Joon. 112. Ule põikpuu on visatud nõör, mille ühes otsas ripub koormus, teist aga tõmbab tööline.



Joon. 113. Põikpuu külge on kinnitatud plokk; kasutades seda, tõstab tööline üles sama koormuse.

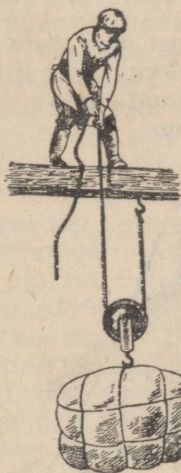
Jõud, millega tööline peab hoidma nööri, on võrdne jõuga, millega koormus pingutab nööri.

Kui tööline seob oma nööri otsa tala külge, siis jääb koormus kohale, kus ta oli, ja nagu varemgi pingutab mõlemat nööri otsa ühtmoodi. Koormus on riputatud kahele nööri, järelikult tuleb igale nööri pool koormuse kaalust (joon. 115). On ilmne, et

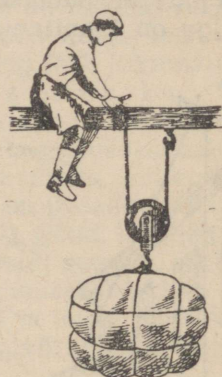
hoida ülal koormust, tuleb ka töölisel rakendada nõõrile jõud, mis on võrdne koormuse poole kaaluga. Seda järeldust võime kontrollida katsega. Kui tõstame üles ploki külge seotud koormuse (joon. 116), siis näitab dünamomeeter, mille rõngast hoiame käes, et koormust hoidev jõud on võrdne koormuse poole kaaluga. Uhes koormuse liikumisega liigub ka plokk.

Sellist plokki nimetatakse liikuvaks plokiks.

Liikuva ploki abil võime tõsta üles koormuse, rakendades kaks korda väiksemat jõudu kui koormuse kaal. Me võidame, nagu öeldakse, jõus kaks korda¹.



Joon. 114. Tööline, kes seisab palgil, mille külge on kinnitatud üks nõõri ots, tõmbab nõõri teist otsa pidi, tõstes üles liikuvale plokile rippuva koormuse.

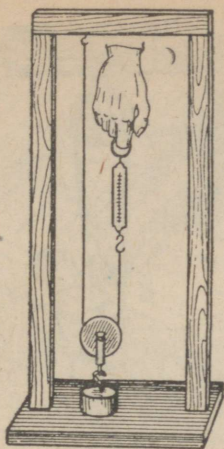


Joon. 115. Mõlemad nõõri otsad on kinnitatud palgi külge.

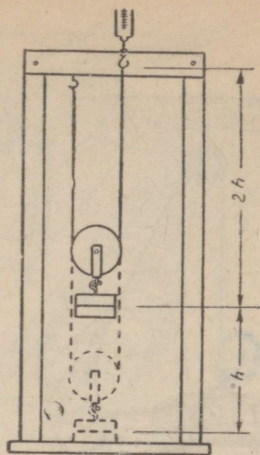
Vaatleme, kas me ei võida töös, kasutades liikuvat plokki. Laseme vihi kuni lauani ja hakkame seda tõstma dünamomeetri abil. Et tõsta koormust kõrgusele h , selleks on vaja nõõri ots, mille külge on kinnitatud dünamomeeter, tõsta kõrgusele $2h$ (joon. 117). Antud katsest järgneb, et kasutades liikuvat plokki me ei võida töös. Võites jõus kaks korda, kaotame tee pikkuses kaks korda.

Et võita koormuse tõstmisel jõus, kasutades liikuvat plokki, pole töölisel vajadust üle liikuva ploki pandud nõõri tõmmata üles, nagu see on kujutatud joonisel 114. Kinnitanud liikumatu ploki tala külge ja pannud sellest üle liikuva ploki nõõri vaba otsa, võib tööline tõmmata nõõri allapoole, koormus aga tõuseb üles (joon. 118).

¹ Selline järeldus on õige sel juhul, kui hõõrdumine on väga väike, nii et me võime seda mitte arvestada.



Joon. 116. Dünamomeetriga mõõdetakse jõudu, mis on vajalik koormuse tõstmiseks liikuva ploki abil.



Joon. 117. Võites kaks korda jõus, kaotame sama palju kordi läbitud tees.

Harjutus 33.

1. Kui suur on võimleja jõupingutus enda ülestõstmisel, kui ploki kasutatakse nii, nagu näidatud joonisel 119?

2. Liikuva plokiga (joon. 118) tõstetakse 50 kG koormust. Kui suur jõud on rakendatud liikumatu ploki hargile? Konksule, mille külge on kinnitatud nööri ots? Liikuva ploki hargile?

69. Polüspast. Suurte koormuste tõstmisel võib ühe liikuva ploki poolt saadav võit jõus osutada mitteküllaldaseks, seepärast kasutatakse neil juhtudel mitte ühte liikuvat ploki, vaid liikuvate ja liikumatute plokkide süsteemi — polüspasti ehk tali. Selline plokkide süsteem on kujutatud joonisel 120. Iga plokkide-kolmik on paigutatud eraldi klamberhaaki. Ülemine klamberhaak on kinnitatud liikumatult ja tema alumise konksu külge on seotud nööri. See nööri haarab alumise klamberhaagi ploki, läheb siis ülemisele ploki ja sealt üle alumise klamberhaagi keskmise ploki, üle ülemise klamberhaagi keskmise ploki ja haarab lõpuks mõlemad äärmised plokid. Nööri vabasse otsa rakendatakse jõud, mille abil tõstame üles koormuse, mis on seotud alumise klamberhaagi alumise konksu külge. Kui tõmbame nööri vabast otsast, siis hakkab alumine klamberhaak tõusma ja tõstab enda järel tema külge seotud koormuse.

Niisiis on alumise klamberhaagi plokid liikuvad, ülemise klamberhaagi plokid aga liikumatud.

Polüspastiga töötamisel sõltub võit jõus polüspasti omadusest. Kuna alumist koormusega klamberhaaki hoiab kuus nööri, siis tuleb ühele nööri ainult üks kuuendik koormusest. Igasuguste kahjulike takistuste puudumisel peab võit jõus kahe plokkide kol-

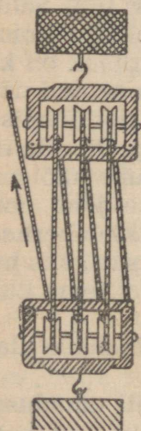


Joon. 118. Ühe liikuva ja ühe liikumatu ploki süsteem.



Joon. 119. Üle liikumatu ploki on pandud nõör, mille ühes otsas on silmus, kuhu on asetatud võimleja jalg, teist otsa tõmbab võimleja, tõstes iseennast.

miku puhul olema kuuekordne. Tõstes koormust polüspasti abil, tuleb nõõriotsa kerida kuus korda pikemalt, kui on kõrgus, millele tõstetakse koormus. See tõestab veelkordselt kaotust tee pikkuses. Hõõrdumise tõttu on plokkide juures võit jõus tegelikult märksa väiksem kui teoreetiliste arvestuste järgi.



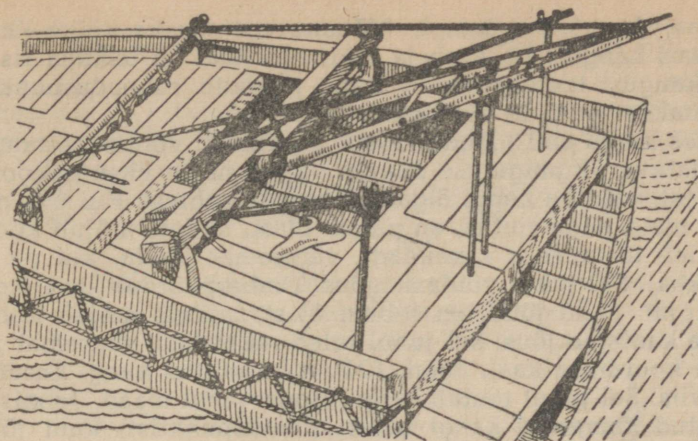
Joon. 120. Tali ehk polüspast.

Harjutus 34.

1. Näidake, kus ja kuidas on joonisel 121 kasutatud ära liikumatu ja liikuva ploki printsiipi.
2. Joonisel 122 kujutatakse „koormapuud“, mida kasutatakse heinte kokkusurumiseks nende veol. Näidake, kuidas siin on rakendatud plokkide kombinatsiooni printsiipi.
3. Mõelge välja plokkide kombinatsioon, mille abil 20 kG jõudu rakendades võiks tõsta 160 kG koormust.
4. Nõõri tugevus võrdub 200 kG koormusele. Kas võib, kasutades plokkide, selle nõõriga tõsta 1-tonnist koormust? Kuidas seda teha?

70. Kang. Väga tihti võib näha, kuidas tööline (joon. 123) suurt raskust tõstes paneb selle alla raudkangi või jämeda puu ja mõjude oma jõuga ühele puu otsale, tõstab teise otsaga üles raskuse.

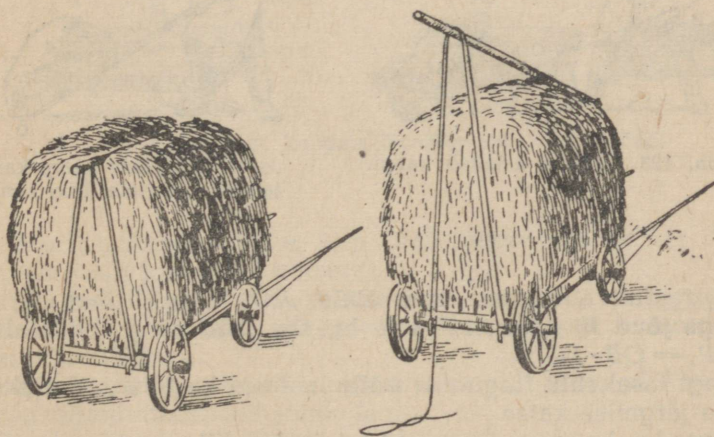
Selle jõu mõjul, toetudes punktile O, pöörab end kang, ja tema teine ots, mõjudes rasku-



Joon. 121. Masti ülesajamise viis Vana-Assüürias.

sele, tõstab selle üles. Et tõsta üles raskust, on töölisel vaja kangit pöörata, rakendades kangit otsas jõupingutust (nagu näitab nool punkti *B* juures). Seda pidurdab töölise poolt tõstetava koormuse takistus, mis mõjub kangile (nagu näitab nool punkti *A* juures¹).

Kui töölise poolt rakendatav jõupingutus on küllaldane, et ületada takistuse mõju kangile, siis tööline tõstab koormuse üles ja teeb seega tööd.



Joon. 122. Koormapuu kasutamine heinaveol.

Iga tahket keha, mis rakendatud jõu mõjul võib pöörduda liikumatu telje ümber, nimetatakse kangiks. Raudkang, millega tööline tõstab raskust, on kangit lihtsamaks kujuks. Arutleme, mida

¹ Jõudude suund on joonisel 123 kujutatud nooltega.

võidame, kasutades kangit. Võtame uurimiseks kõige lihtsama juhu, kus kangiks on varb ja mõjuvad jõud on temaga risti. Sel juhul kaugust toetuspunktist kuni jõudude rakenduspunktideni nimetatakse jõudude õlgadeks¹.

Tõstes kangit abil mõnda rasket koormust, võime veenduda, et rakendatava jõupingutuse suurus sõltub mitte üksnes koormuse raskusest, vaid ka kangit õlgade pikkuste suhtest. Kui õlg, millele mõjub meie jõupingutus, on pikem õlast, millele mõjub koormus, siis tuleb tõstmiseks rakendada väiksemat jõudu, kui on koormuse kaal. Sel juhul võidame jõus. Ümberpöörduvalt, kui õlg, millele mõjub meie jõud, on lühem õlast, millele mõjub koormus, siis me kaotame jõus: sel juhul tuleb rakendada suuremat jõudu, kui on koormuse kaal. Joon. 124 on kujutatud kangit kasutamise teine viis. Sel juhul toetub kang otsaga vastu maad. Joonisel 124 kujutatud kaugused kangit otsast (toetuspunktist) kuni jõudude rakenduspunktideni on kangit õlad.

71. Kangit tasakaalu tingimused. Kangil võib tasakaalustada mis tahes kaht jõudu. On vaid tarvis, et jõudude ja õlgade vahel



Joon. 123. Töeline kasutab kangit.



Joon. 124. Teine kangit kasutamise viis (teist liiki kangit).

oleks teatud sõltuvus. Kui õlale AO mõjub jõud P_1 , õlale OB aga jõud P_2 (joon. 125 a ja b), siis jääb kangit tasakaalu, kui $OA \cdot P_1 = OB \cdot P_2$.

Kangit tasakaalu tingimusi võib määrata ka teisiti. Selleks sooritame järgmise katse.

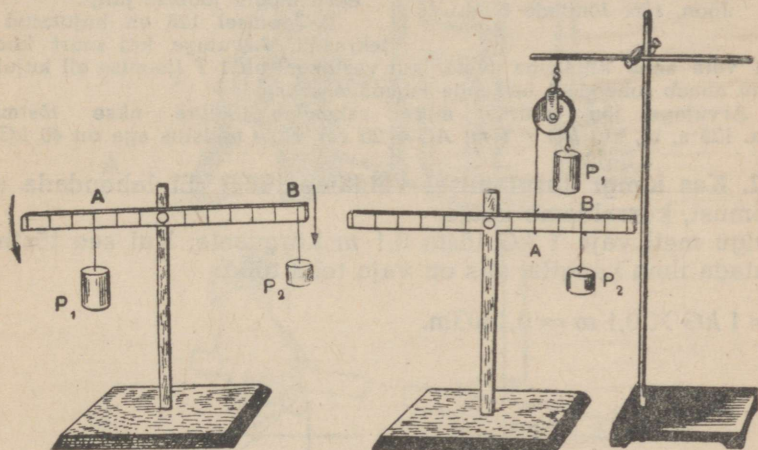
Riputades kangile (joon. 125 a ja b) mitmesuguse suurusega koormusi (võrdseid ja mittevõrdseid), taotleme koormuste sellist asendit, et kangit jääks tasakaalu.

Tasakaalustanud kangit, mõõdame kangile mõjuvate koormuste õlad. Seesuguse katse tulemused on kantud tabelisse:

¹ Jõu õlaks üldjuhul nimetatakse toetuspunktist jõudude sihti kujutavale joonele lastud ristlõigu pikkust.

Vasakpoolne õlg		Parempoolne õlg	
Koormus (grammides)	Õlg (sentimeetrites)	Koormus (grammides)	Õlg (sentimeetrites)
100	20	50	40
200	5	50	20
50	30	100	15

Esimeses katses mõjus vasakule õlale, mille pikkus on 20 cm, jõud 100 G, ja et kangi tasakaalustada, tuli rakendada 50 G jõudu



Joon. 125 a ja b. Kangide õlgadele rakendatud jõud.

kaks korda pikemale õlale, s. o. õlale pikkusega 40 cm. Taolisi tulemusi saadi ka teistel katsetel.

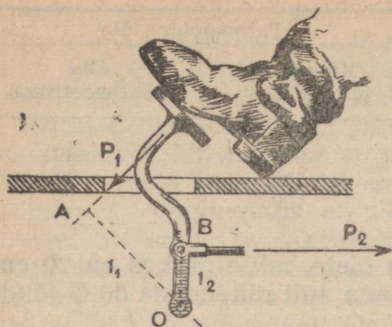
Mitu korda lühem õlg on väiksem pikemast õlast, niisama palju kordi on lühemale õlale rakendatud jõud suurem pikemale õlale rakendatud jõust.

Järelikult, *kangi tasakaalustamiseks on vaja, et kangi õlad oleksid pöördvõrdelised jõududega.*

Selle järelduse võib üles tähendada nii:

$$\frac{OA}{OB} = \frac{P_2}{P_1}$$

See reegel on maksev mitte üksnes sirge kangi, vaid mis tahes kujulise kangi suhtes. Tarvitseb ainult meeles pidada, et jõu õlaks tuleb lugeda ristjoone pikkust, mis on tõmmatud toetuspunktist



Joon. 126. Jõudude õlad.

jõu sihti kujutavale joonele (joon. 126). Nii näiteks on jõu P_1 (joon. 126) õlaks OA , aga jõu P_2 õlaks OB .

Harjutus 35.

1. Joonisel 127 on kujutatud kaitseventiili¹ läbilõige. Arvutage, kui suure raskuse peab riputama pikemale õlale, kui rõhk katlas on 12 at. Klapi pindala on 3 cm^2 , klapi ja kangi kaalu arvesse ei võeta. Õlad mõõta joonise järgi.

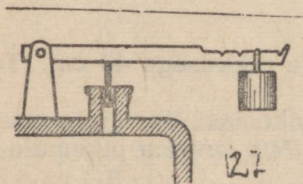
2. Joonisel 128 on kujutatud tõstekraana. Arvutage, kui suurt koormust võib selle kraanaga tõsta, kui vastukaal on 1 T (joonise all kujutatud skeem annab juhendeid ülesande lahendamiseks).

3. Arvutage jõu suurus, mille rakendab tööline ukse tõstmiseks (joon. 129 a, b), kui $BO = 1 \text{ m}$, $AO = 20 \text{ cm}$, ukse takistus aga on 40 kG.

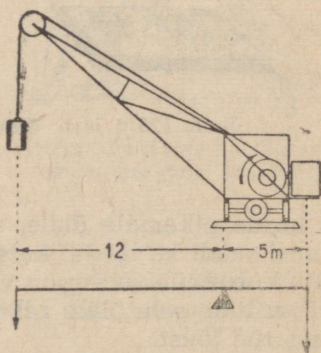
72. Kas kangi kasutamisel võidame töös? Et lahendada seda küsimust, korraldame katse.

Olgu meil vaja 1 kG tõsta 0,1 m kõrgusele. Kui see tõstmine teostada ilma kangita, siis on vaja teha tööd:

$$A = 1 \text{ kG} \times 0,1 \text{ m} = 0,1 \text{ kGm}.$$



Joon. 127. Kaitseventiil.



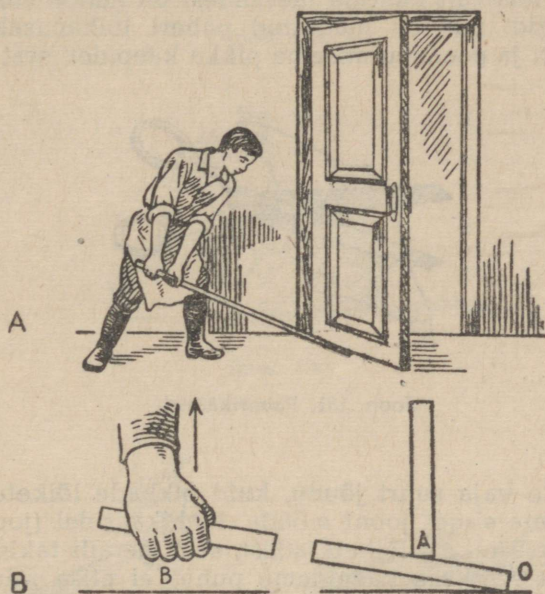
Joon. 128. Tõstekraana.

Sooritame selle töö, kasutades kangi, mille toetuspunkt on rakendatavate jõudude vahel, tasakaalustades 1 kG vihi 0,5 kilogrammise jõuga (joon. 130). Märkinud ära kangi mõlemate otste

¹ Kaitseventiil on eriline seadis, mis paotab ava (näiteks aurukatlas), kui aururõhk katlas tõuseb üle normi. Kaitseventiil kaitseb aurukatelt võimaliku lõhkemise eest.

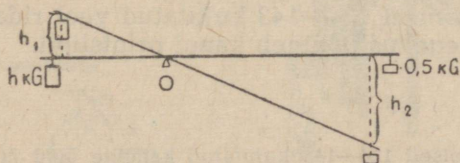
kõrgused laua kohal, tõstame 1 kG vihi kõrgusele $h_1 = 0,1 \text{ m}$. Mõõtes nüüd kauguse h_2 , milleni laskus ots, millele mõjub jõud 0,5 kG, leiame, et see võrdub 0,2 m. Järelikult 0,5 kG jõu töö võrdub:

$$A_1 = 0,5 \text{ kG} \times 0,2 \text{ m} = 0,1 \text{ kGm}.$$



Joon. 129 a, b. Tööline tõstab ust kangiga.

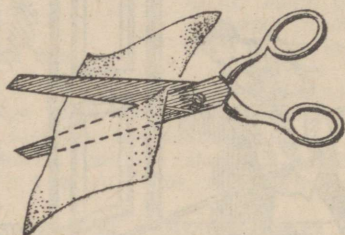
Näeme, et $A = A_1$. Teisiti öeldes, kangi abil ei võideta töös midagi. Kasutades kangi, võime võita kas jõus või tee pikkuses. Kui me oma jõupingutuse rakendame pikemale õlale, siis võidame jõus, kuid kaotame niisama palju kordi tee pikkuses. Mõjudes jõuga lühemale õlale, võidame tee pikkuses, kuid kaotame niisama palju jõus.



Joon. 130. Tööde võrdsus kangil.

73. Kangide näiteid tehnikas ja igapäevases elus. Kangide kasutamine on nii mitmekesine, et raske on loetleda kõiki kangide kasutamise juhtumeid.

Selle kangi toetustelg on kruvi, mis ühendab kääride mõlemat poolt. Liikumapanevaks jõuks on sõrmede jõud, mis pigistavad kääre kokku, takistusjõuks on selle aine takistus, mida kääridega lõigatakse. Olenevalt kääride ülesandest on nende ehitus mitmesugune. Käärid, mis on määratud paberi lõikamiseks, omavad pikki lõiketeri ja peaaegu niisama pikka käepidet, sest paberi lõi-



Joon. 131. Paberikäärid.

kamiseks pole vaja suurt jõudu, kuid pikkade lõiketeradega on hõlpsam lõigata sirget joont mööda. Plekikääridel (joon. 132) on käepide märksa pikem lõiketeradest, sest metalli takistus on niivõrd suur, et lühikese käepideme puhul ei piisa inimese jõust metalli lõikamiseks.



Joon. 132. Plekikäärid.



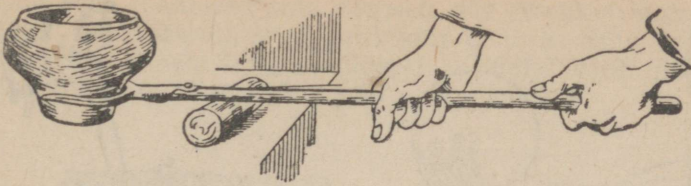
Joon. 133. Lõiketangid.

Eriti suur on erinevus traadilõiketangide õla pikkuses lõikava osa ja käepidemete vahel (joon. 133).

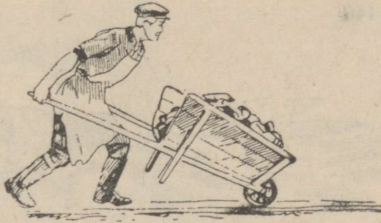
Edasi on joonisel 134—143 kujutatud veel rida lihtsaid mehhanisme, mille tegevus põhineb kangi printsiibil.

Harjutus 36.

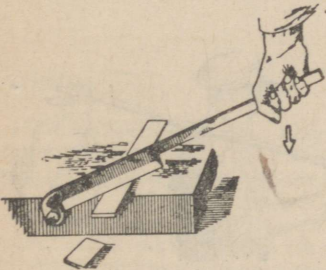
1. Leidke joonisel 134—143 kujutatud kangide õlad ja toetuspunktid.
2. Millises asendis on kompsu kergem kanda (joon. 143)?
3. Joonisel 142 on kujutatud mõla; seletage mõla kui kangi tegevust.



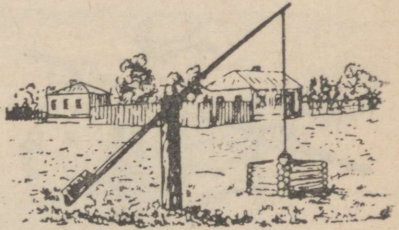
Joon. 134.



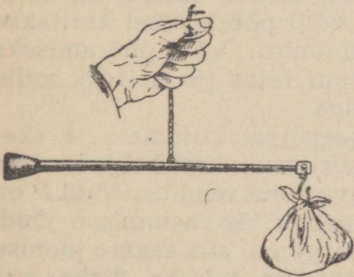
Joon. 135.



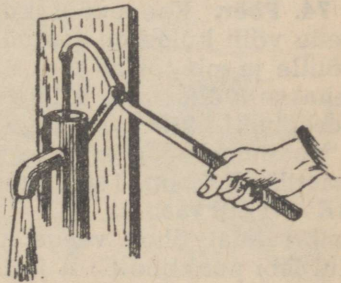
Joon. 136.



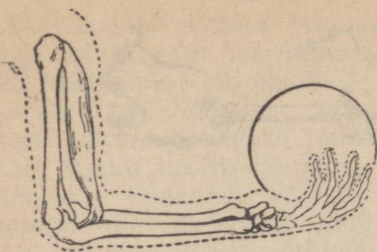
Joon. 137.



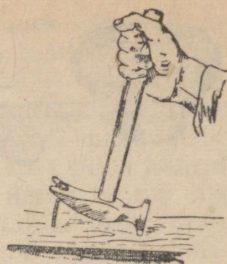
Joon. 138.



Joon. 139.



Joon. 140.

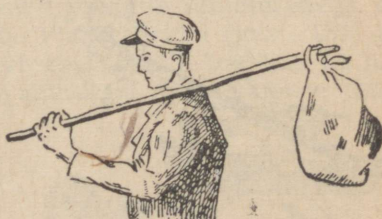


Joon. 141.



Joon. 142.

Rida tehnikas ja igapäevases elus kasutatavaid kange.

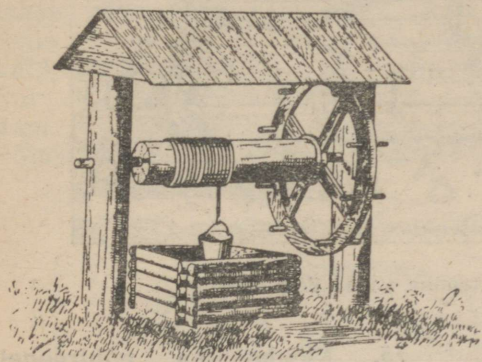


Joon. 143. Poiss kannab kompsu kepiga.

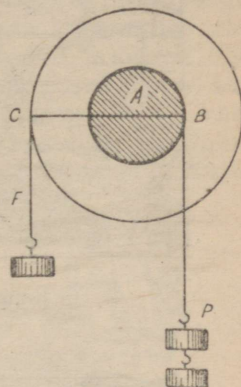
74. Pöör. Kaevupöör kujutab enesest teljele kinnitatud võlli. Selle võlli külge on seotud nõr, mis võlli pöörlemisel keritakse võllile ja mis tõstab üles kaevu lastud ämbri. Võlli pööramiseks tehakse võlli telje külge vänt või suur ratas (joon. 144), mille keskpunkt ühtib võlli telje keskpunktiga.

Vaatleme selle seadise tegevust, seepärast kujutame ta skeemaatiliselt (joon. 145). Punkt A on pöörlemise keskkoh, kaugus AB — võlli raadius, AC — võlli pöörava ratta raadius. Jõud P on ämbri kaal ühes veega, jõud Q — pange tõstva inimese jõud. Kui läbi punktide C , A ja B tõmmata sirgjoon, siis saame joonise kangist, mille üheks õlaks on võlli raadius, teiseks õlaks aga ratta raadius; punkt A on toetuspunkt.

Kuna need raadiused pole võrdsed, siis järelikult pole võrdsed ka jõud, mis rakendatakse punktides C ja B . Mitu korda võlli raadius on väiksem ratta raadiusest, nii palju kordi peab olema jõud Q väiksem jõust P , kui võll on tasakaalus.



Joon. 144. Pöör

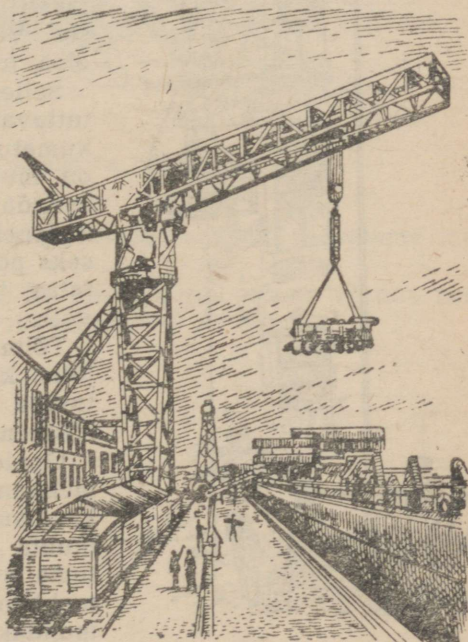


Joon. 145. Pööra skeem.

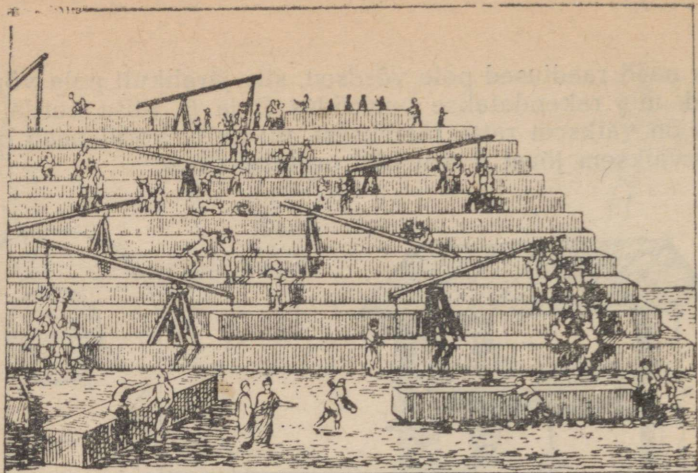
Harjutus 37.

1. Kalkuleerige välja ning kujutage joonisel pöör, millega, rakendades 10 kG jõudu, võib tõsta 150 kG koormust.

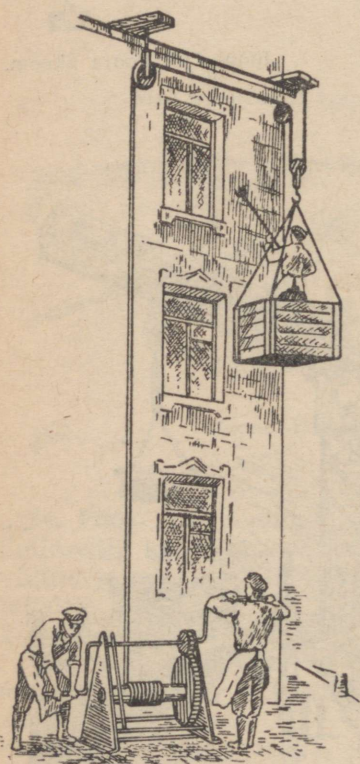
2. Pööra võlli läbimõõt on 20 cm , vända pikkus on 50 cm . Kui suurt jõupingutust on vaja 12 kG raskuse veepange tõstmiseks?



Nüüdisaegne tõstekraana.



Kangide kasutamine vanas Egiptuses.



Joon. 146. Vintsi kombinatsioon liikuva ja liikumatu ploki-ga.

75. Mehhaanika põhireegel. Vaatlesime mõningaid lihtsamaid mehhanisme. Neid mehhanisme võib näha mitmesugustes tööriistades ja masinates, mida kasutatakse igapäevases elus ja tööstuses. Võtame näiteks tõsteseadeldise, mis on kujutatud joon. 146.

Selles seadeldises näeme me tuttavat liikuvat ploki, kahte liikumatut ploki, mille eesmärgiks on muuta kahel korral jõudude suunda; allpool näeme vintsi, mis koosneb kahest pöörast. Esimeseks pööraks on vänt ja hammasratas; teiseks — hammasratas ja völl.

Tõime näitena ühe lihtsama juhu, kus kasutatakse meile tuttavate lihtsamate mehhanismide süsteemi.

Õppides tundma lihtsamaid mehhanisme, nägime, et nende kasutamine annab võimaluse muuta mõjuva jõu suurust ja tema suunda. Kuidas me nende mehhanismide kasutamisel ka muudaksime mõjuva jõu suurust, me paneme tähele kõikide mehhanismide juures üldist seadust:

kulmitu korda me võidame jõus, niimitu korda kaotame tee pikkuses. Seda järeldust nimetatakse mehhaanika „kuldseks reegliks“. Ükski mehhanism ei anna meile võitu töös.

76. Kaldpind. Kaldpind on mehhanism, mida praktikas kasutatakse väga tihti. Joonis 147 näitab üht tema kasutamise viisi. Selle asemel et vaati tõsta vankrile, veeretavad töölised teda kaldplanke mööda. Kujutame selle juhu skemaatilisel (joon. 148). Siin BC on vankri kõrgus, AB — palkide pikkus, P — vaadi kaal, F — jõud, millega töölised veeretavad vaati (iga kaldpinna võime alati kujutada skemaatilisel täisnurkse kolmnurga kujul).

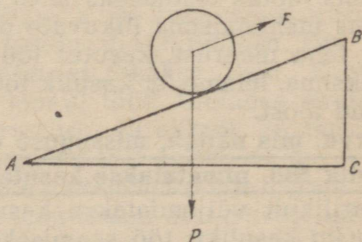


Joon. 147. Kaldpinna kasutamine.

Töölise jõupingutuse F kindlaksmääramiseks kasutame mehhaanika kuldset reeglit.

Vaadi tõstmisel kõrgusele BC tehakse töö, mis on võrdne vaadi kaalu P ja kõrguse BC korrutisega, s. o. $P \cdot BC$.

Joon. 148. Kaldpinna skeem.



Veeretades vaati aga kaldplanke mööda, töölised teevad töö $F \cdot AB$.

Kuna mehhaanika kuldse reegli põhjal ei saa ühegi mehhanismi abil võita töös, siis peavad need kaks tööd — $P \cdot BC$ ja $F \cdot AB$ — olema võrdsed.

Märgime nendē võrdsuse üles:

$$P \cdot BC = F \cdot AB \text{ ehk } \frac{P}{F} = \frac{AB}{BC}, \text{ s. o.}$$

kasutades raskuste tõstmiseks kaldpinda, võidame jõus niimitu korda $\left(\frac{P}{F}\right)$, kuimitu korda on kaldpinna pikkus suurem kõrgusest $\left(\frac{AB}{BC}\right)$.

Harjutus 38.

1. Lüümäe pikkus on 20 m, kõrgus 4 m. Kui palju tööd tuleb teha, et vedada sellele mäele 15 kG raskune kelk? Kui suurt jõudu on selleks vaja?

2. Vaat tõstetakse vankrile kaldpinna abil. Vaadi kaal on 100 kG, vankri kõrgus 1,2 m. Kaldplankude pikkus, mida mööda vaati tõstetakse, on 3 m. Määrata jõud, mis on vajalik selleks, et hoida vaati kaldpinnal.

77. Kasutegur. Kasutades töö juures mitmesuguseid mehhanisme ja tööriistu, tuleb meil teha peale meie vajaliku töö veel teatud hulk kasutatud tööd. Selgitame seda näitega.

Tööline kannab telliskive maja teisele korrale. Et telliskive oleks mugavam kanda, laob tööline need kandelaualle. Telliskivide igakordsel ülesviimisel tuleb töölisel teha ka tööd kandelaual üleskandmiseks ja tal endal tuleb üles tõusta. Mida raskem on kandelaud, seda suurem osa töölisel tööst kulub kandelaual tarbetuks üleskandmiseks. Mida kergem on kandelaud, seda rohkem telliskive suudab tööline sama jõupingutuse abil sellega kanda, seda suurem osa töölisel tööst läheb telliskivide kandmisel „kasulikuks“ tööks. Tööline teeb veelgi rohkem kasulikku tööd, kui ta telliskivide ülestõstmiseks kasutab mõnesuguseid mehhanisme, nii et tal endal pole tarvis üles tõusta.

Mullatööline pillub labidaga mulda. Tema töö läheb mitte üksnes kasulikuks tööks mulla ümberasetamisel, vaid ka vältimatuks labida tõstmiseks ühes mullaga.

Igas mehhanismis liikuvate osade hõõrdumise tagajärjel tuleb meil teha ülearust, kasutatud tööd. Missuguse töö me näitena ka võtaksime, leiame, et kasulik töö moodustab alati ainult osa kogu tehtud tööst.

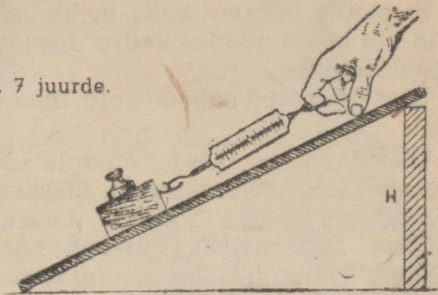
Arvu, mis näitab, missuguse osa kogu tehtud tööst moodustab kasulik töö, nimetatakse kasuteguriks.

Harilikult väljendatakse kasutegur protsentides. Oletame, et 40 kGm kasuliku töö saamiseks tuli meil teha tööd 50 kGm. Kui suur on kasutegur?

Et määrata kasutegurit, on vaja teada, missuguse osa moodustab 40 kGm 50-st kilogramm-meetrist. Selleks on 40 kGm vaja

jagada 50 kGm-ga. Saame $\frac{40}{50} = 0,8$ või 80%. Tähendab, kasu-
 tegur on 80%.

Joon. 149. Laboratoorse töö nr. 7 juurde.



78. Laboratoorne töö nr. 7. Töö eesmärk — määrata kaldpinna kasutegur.
 Töö vahendid: 1 meetri pikkune ja 15—20 cm laiune hõõveldatud laud, umbes 20 cm pikkune puust platvorm, haagiga dünamomeetri kinnitamiseks mitmesuguseid koormusi, kaaluga 0,5 kG, 1 kG, 2 kG, koolidünamomeeter.

Tööjuhend.

Mõõtke kaldpinna pikkus ja kõrgus, ning tõmmates koormusega platvormi ühtlaselt mööda kaldpinda, vaadake, kui palju näitab dünamomeeter (joon. 149). Mõõtmiste ning arvustuste tulemus kandke tabelisse:

Jrk. nr.	Tõmbe- jõud	Kald- pinna pikkus	Tõmbe- jõu töö	Koor- musega plat- vormi kaal	Kald- pinna kõrgus	Kasulik töö	Kasu- tegur	Kesk- mine kasu- tegur
1.								
2.								
3.								

Korraldage mitu katset erinevate koormustega, jättes muutmata kaldpinna pikkuse ja kõrguse. Arvutage kasutegur ning võtke selle keskmine väärtus.

79. Energia. Kui keha võib teha tööd, siis öeldakse, et keha omab energiat.

Nii näiteks omab energiat liikuv õhk — tuul. Rõhudes veski- tiibadele, võib ta need panna liikuma, ja kuna veskitiivad on ühenduses ülekande-mehhanismi kaudu veskikividega, siis hak- kavad liikuma ka veskikivid. Seejuures tehakse tööd. Kahurist välja lennanud mürsk teeb oma lennul tööd, ületades õhutakis- tust ja põhjustades oma teel purustusi. Järelikult ka temel on energia. Samuti omab energiat auru all teel seisev vedur. Veda- des vaguneid, teeb ta tööd takistuste ületamisel (hõõrdumine, õhu- takistus). Täpselt samuti võib tööd teha tammi abil paisutatud vesi.

Liikuva keha energiat nimetatakse kineetiliseks¹ energiaks ehk liikumise energiaks.

¹ Kreekakeelsest sõnast *kinema*, mis tähendab liikumine.

Vee või õhu vool, lendav kuul, pöörlev masina hooratas, langev haamer, avast väljatungiv aurujuha — kõik need kehad võivad teha tööd, tähendab, kõigil neil on kineetilist energiat.

Et panna liikuma kella mehhanismi, tõmbame üles kella pommi või keerame üles vedru. Langedes paneb pomm kella mehhanismi liikuma.

Ulestõmmatud pomm võib teha tööd. Tähendab, tal on energiat.

Ulestõmmatud pommi energia samuti nagu iga muu maast üles tõstetud koormuse energia, üleskeeratud vedru ja suruõhu energia on potentsiaalse energia näiteiks.

Sõna „potentsiaal“ tuleneb sõnast „potents“, mis tähendab „võime“. Potentsiaalne energia on seesugune energia, mida määratakse kehade olekuga (pomm on üles tõstetud, vedru on üles keeratud, gaas on kokku surutud jne.) ja mis võib vabaneda teatud tingimustes.

Ulestõmmatud kellapomm paneb üksnes siis kella mehhanismi liikuma, kui talle antakse võimalus langeda. Uleskeeratud kella vedru paneb kella mehhanismi käima, kui ta seejuures end lahti keerab. Kokkusurutud õhk võib panna liikuma mitmesuguseid kehi, kui ta seejuures paisub.

80. Energia jäävuse ja muundumise seadus. Mäe otsa viidud kelgul on potentsiaalset energiat. Mida kõrgem on mägi, millele kelgu viime, seda suurem on kelgus peituv potentsiaalne energia. Kui kelk laskub mäest alla, siis väheneb ta potentsiaalne energia, kuid see-eest liigub kelk ikka kiiremini — kasvab tema kineetiline energia.

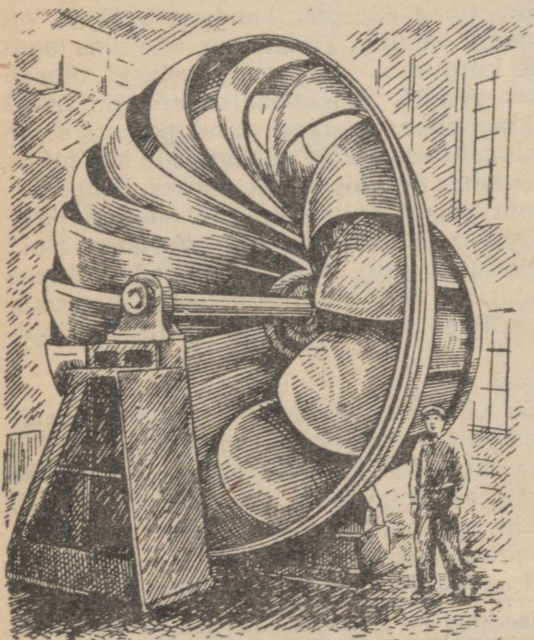
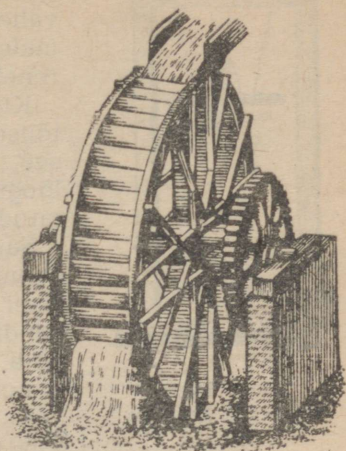
Laskunud mäest alla ja omades kineetilist energiat, jätkab kelk liikumist. Ta jääb seisma, kui kogu kineetiline energia on kulutatud hõõrdumise ja õhutakistuse ületamiseks. Mida suuremalt kõrguselt kelk alla lastakse, seda suurema vahemaa käib ta kuni täieliku seismajäämiseni.

Järelikult, mida suurem potentsiaalne energia on kelgul mäe tipul, seda suurem on tema kineetilise energia tagavara mäe jalal.

Kui liita mäest alla sõitnud kelgu kineetiline energia mäe jalal ja energia, mis kulus liikumise takistuse ületamiseks, siis oleks nende energiatega summa täpselt võrdne kelgu potentsiaalse energiaga mäe tipul.

Tõstame marmorplaadi kohal üles teraskuulikese. Oma ülemisses asendis on kuulikesel teatud potentsiaalse energia tagavara. Mida kõrgemale tõstame kuulikese plaadi kohal, seda suurema energiata tagavara anname kuulikesele.

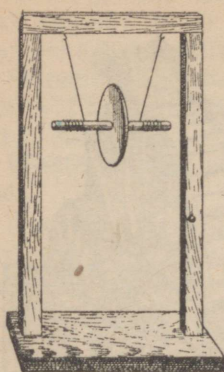
Kui kuulike hakkab langema, siis väheneb tema potentsiaalse energia tagavara, kuid ühes sellega kasvab kuulikese kineetiline energia.



Langev ning voolav vesi omab energiat, mida kasutatakse ära vesiratate ja turbiinide abil. Joonistel ülal ja vasakul on kujutatud vesiratas, võimsusega kuni 100 HJ, ja turbiin, võimsusega kuni 35 000 HJ.

Löögi momendil vastu plaati on kuulikesel ainult kineetiline energia; pärast lööki vastu plaati tõuseb ta üles sama kõrguseni, milliselt alustas langemist¹.

¹ Ohutakistuse tõttu kulub osa kuulikese energiat selle takistuse ületamiseks ja tegelikult tõuseb kuulike väiksemale kõrgusele.



Joon. 150.
Maksvelli pendel.

Selle ülestõusmise juures väheneb üha kuulikese kiirus, tema kineetiline energia väheneb, kuid kuulike tõuseb üha kõrgemale — tema potentsiaalne energia suureneb.

Kui kuulike pärast lööki vastu plaati tõuseb endisele kõrgusele, siis tähendab see, et tema kineetiline energia võrdub löögi momendil langemise tõttu ärakulutatud potentsiaalse energiaga.

Samasuguseid nähtusi võime tähele panna riista juures, mis on kujutatud joonisel 150 ja mida nimetatakse maksvelli pendliks. Tõstame üles pendli, kerides niidi teljele. Ülestõstetud pendlil on teatud potentsiaalne energia. Kui pendel lahti lasta, siis hakkab ta pööreldes langema. Vastavalt langemisele väheneb pendli potentsiaalne energia ja selle asemel kasvab kineetiline energia. Langemise lõpul on pendlil selline kineetilise energia taga-

vara, et ta tõuseb endisele kõrgusele. Langeb uuesti ja tõuseb jälle. Selles katses tekkis pendlis potentsiaalse energia arvel kineetiline energia ja kineetilise energia arvel potentsiaalne energia. Potentsiaalse ja kineetilise energia summa jääb aga takistuse puudumisel pendli mis tahes asendis muutumatuks. Pendli liikumise takistuse olemasolu korral kulutatakse ta energia järkjärgult takistuse ületamiseks ja pendel jääb lõpuks seisma. Kuid see energia, mis oli pendlil katse algul, nagu näitab selle nähtuse hoolikas uurimine, ei kadunud, vaid muutus teiseks, keerukamaiks energiavormideks, millega tutvume füüsika edasisel õppimisel.

Arutletud näited osutavad, et:

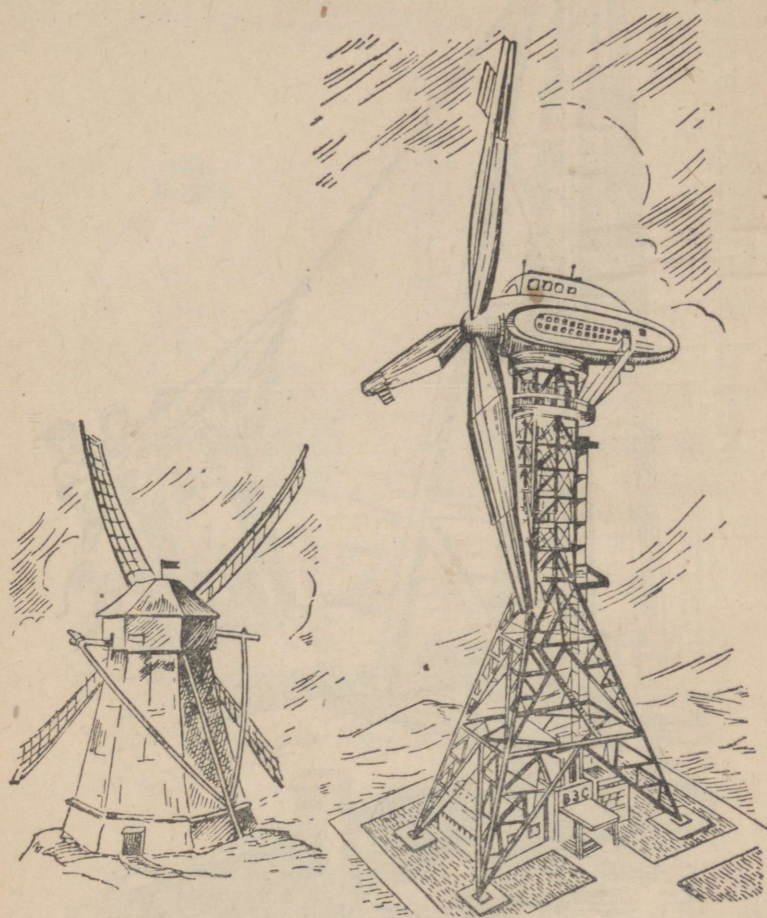
1) potentsiaalne energia võib muunduda kineetiliseks energiaks ja kineetiline energia potentsiaalseks energiaks;

2) potentsiaalse energia muundus kineetiliseks ja kineetilise energia muundus potentsiaalseks toimub nii, et energia hulk jääb muutumatuks, järelikult ühe energialiigi muundumise puhul teiseks jääb energia hulk muutumatuks:

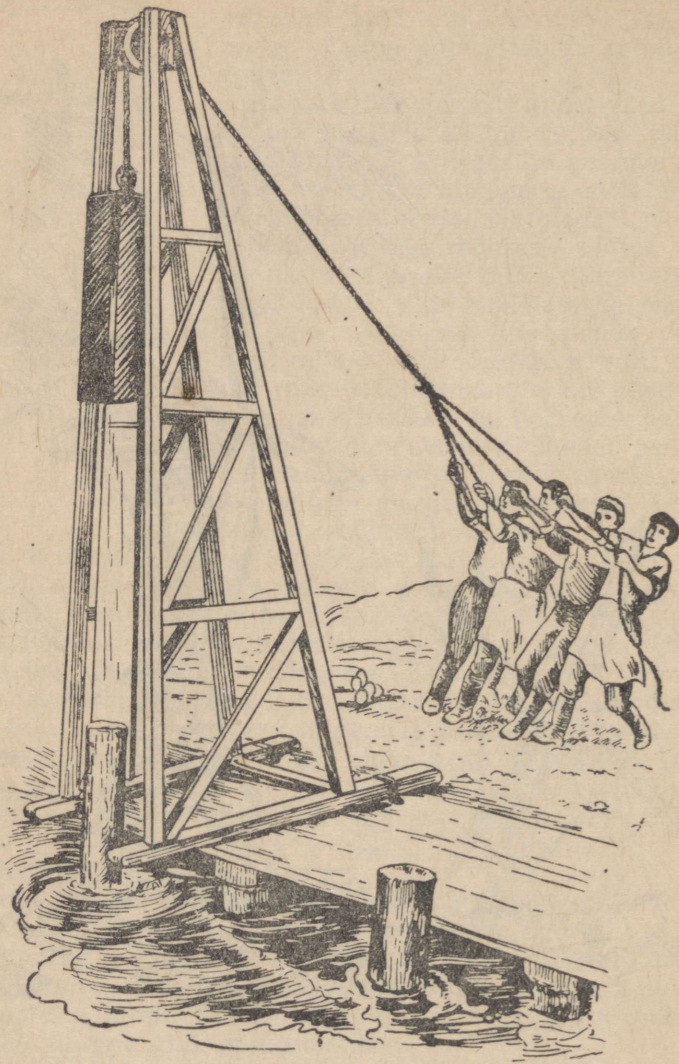
energia ei hävi ega teki uuesti, ta vaid muudab oma kuju.

Nii kõlab looduse põhiseadus — energia jäävuse ja muundumise seadus.

81. Igavene jõumasin. Mitmesugustel aegadel ja mitmesugustes maades oli leidureid, kes püüdsid ehitada „igavest jõumasinat“ — masinat, mis, olles kunagi käima pandud, teeks tööd ja jätkaks liikumist iseenesest kui just mitte „igavesti“, siis vähe-

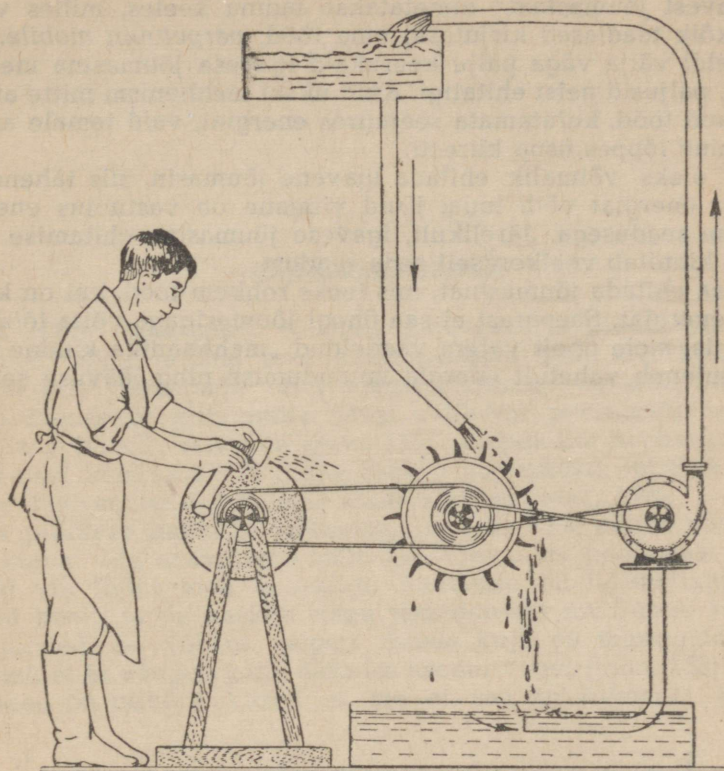


Tuuleveski, mis arendab võimsust keskmiselt kuni 5 HJ, ja nüüdis-
aegne tuulejõuseadeldis, võimsusega kuni 1300 HJ.

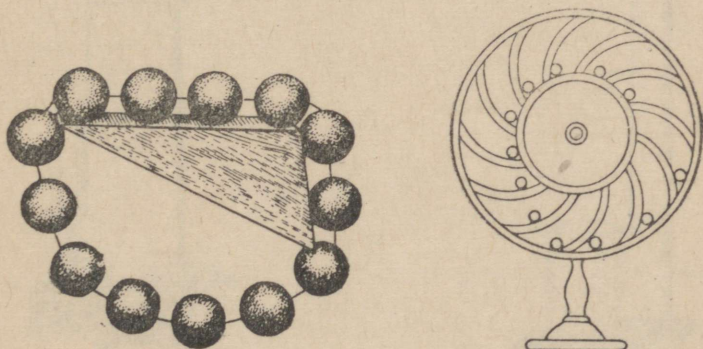


Käsirammimismasin.

Käsirammimismasina ülestõstetud malmist rammimisnuia potentsiaalne energia muundub langemisel kineetiliseks energiaks. Löögiga vaia pihta tehakse kineetilise energia arvel tööd vaiade löömisel maasse.



Kas võib selline seadis töötada?



2 igavese jõumasina projekti.

malt seni, kuni masin ära kulub, ammutamata seejuures kuskilt energiat.

„Igavest jõumasinat“ nimetatakse ladina keeles, milles varemalt kõik teadlased kirjutasid oma tööd, *perpetuum mobile*.

Mõeldi välja väga palju keerukaid igavese jõumasina mehhanisme, paljusid neist ehitatigi. Kuid ükski mehhanism mitte ainult ei teinud tööd, kulutamata seejuures energiat, vaid temale antud liikumine lõppes üsna kiiresti.

Kui oleks võimalik ehitada igavene jõumasin, siis tähendaks see, et energiat võib luua. Kuid viimane on vastuolus energia jäävuse seadusega. Järelikult, igavese jõumasina ehitamise võimatus kinnitab veelkordselt seda seadust.

Ei saa ehitada jõumasinat, mis teeks rohkem tööd, kui on kulutatud energiat. Seepärast ei saa ühegi jõumasinaga võita töös.

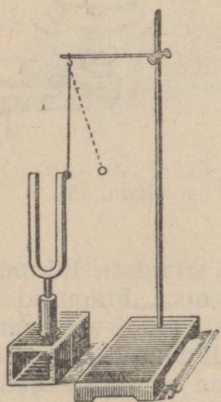
Niisiis, meie poolt varem vaadeldud „mehhaanika kuldne seadus“ tuleneb vahetult energia muundumise ning jäävuse seadusest.

VI peatükk.

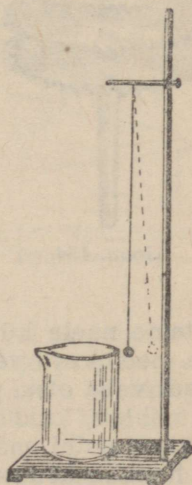
Algteadmisi häälest.

82. Hääle tekkimine. Hääleks nimetame selliseid füüsikalisi nähtusi, mida tajume oma kuulmisorgani abil. Kui helisevale helihargile lähendada niidi külge kinnitatud teraskuulike, siis võib kuulikese pillutamise järgi helihargi poolt täheldada, et helihargi harud võnguvad (joon. 151). Niipea kui helihargi harud lakkavad võnkumast (kuulike lakkab hüplemast), lõpeb ka helihargi helisemine. Ka helisev klaas võngub (joon. 152).

Et pillikeel hakkaks helisema, on teda vaja panna värisema, võnkuma. Me saavutame selle kas tõmmates poognaga mööda keelt või lüües teda millegagi. Vaatleme tähelepanelikult värisevat keelt: ta on keskelt nagu jämedamaks muutunud ja tema piirjooned on vähem selged. Keele kuju on muutunud sellepärast, et ta võngub kahe äärmise asendi vahel (joon. 153). Keele võnked on niivõrd kiired, et me ei saa ta liikumist jälgida.



Joon. 151. Kuulikese tagasipõrkamine helisevalt helihargilt.

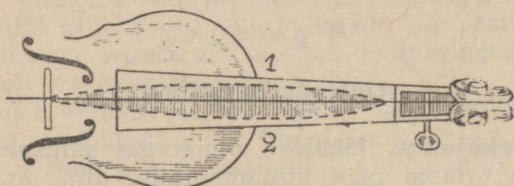


Joon. 152. Kuulikese tagasipõrkamine helisevalt klaasilt.

Kui helisevale keelele lähendada pabeririba otsake, siis hakkab ribake keele tõugetest hüplema. Kuni võngub keel, kuuleme häält; peatame keele, lõpeb ka hää.

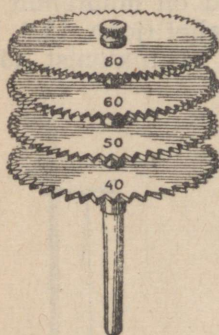
Asetame käe rääkimise ajal kõrile ja me avastame võnkeid, mis ilmnevad ühes meie häälega ja lõpevad, kui me vaikime.

Vaatlused ja katsed näitavad meile, et hääle-allikaks on kõigil juhtudel võnkuvad materiaalsed kehad: inimeste ja loomade hääleorganid, pasunad, pillikeeled, masinate osad jne.

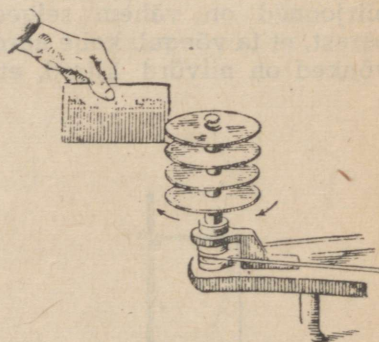


Joon. 153. Helisev viulikeel.

83. Tooni kõrgus. Lööme klaveri klahvidele või paneme heliseva kitarriga kaks erinevat keelt — saame erinevad helid: üks on madalam, teine kõrgem. Mehe hääle toob kuuldavale madalamaid helisid kui naise hääle, bass on tenorist madalam, sopran aldis kõrgem. Helisid eristatakse tooni kõrguse järgi.



Joon. 154.



Joon. 155.

Kinnitame naela külge, mis on löödud mingisse liikumatusse alusesse, peenikese vask- või terastraadi otsa. Pingutades kergelt traadi vaba otsa, paneme ta võnkuma. Traadi võnkumine on silmaga nähtav, kuid häält pole kuulda. Pingutades traati järkjärgult tugevamini, märkame, et võnkumine muutub sagedamaks ja traat hakkab helisema. Mida enam me traati pingutame, seda silmanähtavalt tihedamaks muutuvad võnked ja seda „kõrgem“ on heli.

Võtame teljel pöörleva hammasratta (joon. 154). Paneme ta pöörlema ja puudutame hambakesi mingi õhukese plaadikesega (näiteks tihedast kartongist, joon. 155). Kui plaadikesest möödub hambake, kaldub plaadike kõrvale, kui möödub sälk, sirgub plaadike. Lõpptulemusena on plaadike pandud võnkuma.

Mida kiiremini ratast pöörame, seda sagedamad on plaadikese võnkumised ja seda kõrgem tekitatud toon.

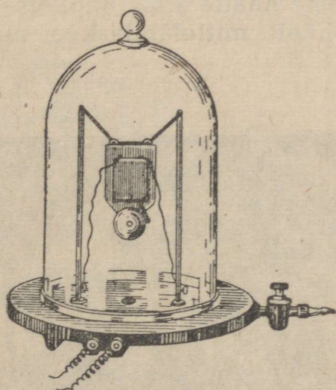
Võngete arvu 1 sekundis nimetatakse võnkesageduseks.

Meie katsed näitavad, et *toonid kõrgemad olenevad hääleallika võnkesagedusest*. Mida suurem on võnkesagedus, seda kõrgem on toon.

Madalatel ja kõrgetel toonidel on oma kuuldavuse piirid. Enamik inimesi kuuleb madalaid hääli alates 16—30 võnkest sekundis. Kõrgeid hääli aga eraldame 20 000—30 000 võnkeni sekundis. Inimese hääle toonide piirid kõiguvad 64 (madal bassi noot) ja 1300 (soprani ülemine noot) võnke vahel sekundis.

Klaveri madalamal noodil („la“) on 27,5 võnget, kõrgeimal („do“) aga on 4096 võnget sekundis.

84. Hääle levimine. Hääle levib helisevalt kehalt kõrvani harilikult õhu kaudu. Kas on häält kuulda, kui heliseva keha ja kõrva vahel pole õhku?



Joon. 156. Elektrikõlisti õhupumba kupli all.



Joon. 157. Hääle levimine nõõri möõda.

Asetame õhupumba kupli alla elektrikõlisti ja paneme ta helisema. Sel määral, kuidas kupli alt õhku välja pumbatakse, muutub hääle ikka nõrgemaks ja nõrgemaks ja kaob lõpuks peaaegu täiesti. Vastupidi, kui laseme kupli alla õhku, tugevneb kõlisti hääle (joon. 156).

Kuid häält juhib mitte üksnes õhk. Paneme heliseva helihargi haru vastu üht laua otsa, kõrva aga vastu teist laua otsa, siis kuuleme läbi laua väga selgesti helihargi häält. Isegi nii tasane

häälnagu kella tiksumine on kuulda, kui kell asetseb laua ühel otsal ja laua teise otsa vastu panna kõrv.

Seome supilusika peenikese nõõri keskkohta, nõõriotsad asetame kõrvadesse ja löõme lusikaga vastu lauda. Lusika võnkumine kandub kõrvale edasi nõõri möõda ja me kuuleme lusika tugevdatud helinat.

Kõõigil on hästi teada, et maad möõda, eriti aga raudteerööpaid möõda, kanduvad hääled kaugel maa taha. Surudes kõõrva vastu maad või rööbast, võõime kuulda kaugelt tuleva rongi hääli või galoppi sõõitva hobuse kapjade plaginat.

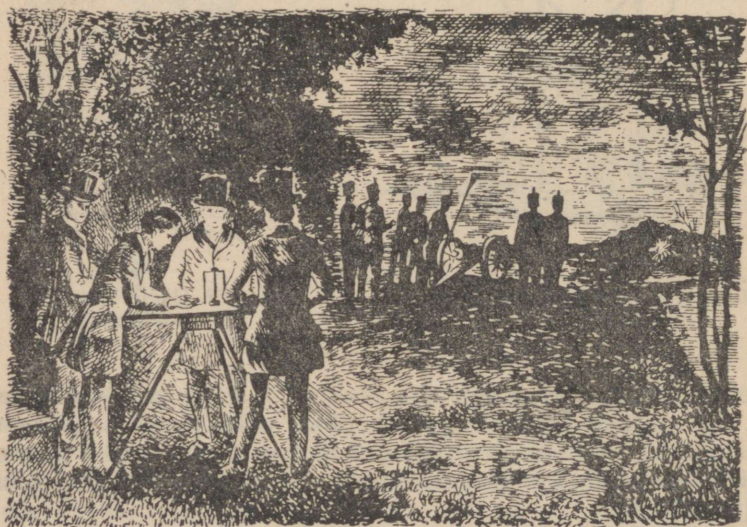
Lastes laevalt vette erilised kuuldetorud, võõib vees kuulda allveelaeva mootori müra või teise laeva kruvi töõd, aga ka võõtta vastu majaka veealuse kella signaale udu puhul. Neil juhtudel levib häälnagu vees.

Vedelikud juhvivad häälnagu hästi. Kalad kuulevad kaldalt häälnagu ja samme, see on kaluritel hästi teada.

Niõõis levib häälnagu tahkeis, vedelais ja gaasilistes kehaõdes, kuid ei saa levida tühjas ruumis (vaakuumis).

Katsed näõitavad, et mitmesugused tahked kehad juhvivad häälnagu erinevalt. Pehmed ja urbsed kehad on halvad häälnagujuhõid. Kui taskukell on rõõivaste taskus, õõis on ta õõmbritsetud pehme riõõdega ja me ei kuule ta tiksumist.

Et kaitsta mingit ruumi kõõrvaliste häälnagu sissetungimise vastu, kaetakse seinad, põõrand ja lagi häälnagu mitteläõbilaskva materjali



Joon. 158. Vanaaegne gravüür, mis kujutab häälnagu levimise kiiruse määõramist õõhus.

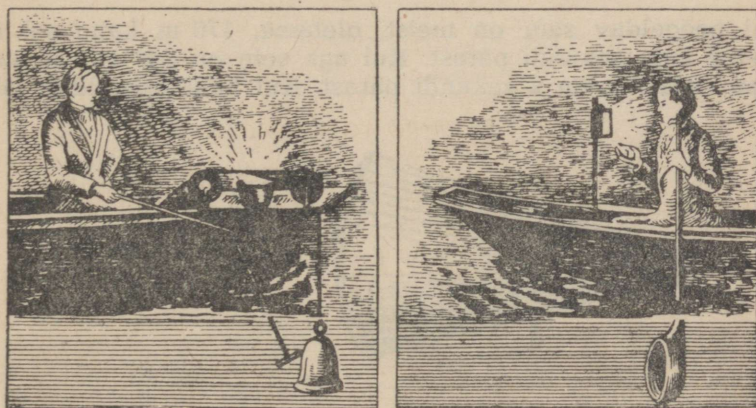
kihiga (vilt, vaibad, pressitud kork, urbsed kivid, seatina). Hää, jõudnud selliste kihtideni, kustub kiiresti.

Mida suurem elastsus on keskkonnal, seda paremini levib temas hää.

85. Hääle levimise kiirus. Lihtsad vaatlused näitavad, et hää levib keskkonnas teatud kiirusega. Kui vaatame püssilaskmist kaugelt, siis näeme algul plahvatust ja tuld, alles teatud aja pärast kuuleme pauku. Plahvatus tekib samal ajal, kui tekib esimene hääle võnge. Mõõtnud ajavahemikku (t sekundit) hääle tekkimise (plahvatusel ilmumise moment) ja momendi vahel, mil hää jõuab kõrvani, ja teades kaugust (s meetrit) meist kuni hääleallikani, võime kergesti määrata hääle levimise kiiruse

($v = \frac{s}{t}$) (joon. 158). Täpsed mõõtmised näitavad, et hääle kiirus õhus 0° ja normaalse õhurõhu puhul on 332 m/sek .

Katse hääle kiiruse määramiseks vees tehti esmakordselt 1827. aastal Genfi järvel (joon. 159). Üks vaatlajaid laskis oma paadist vette kella, pani selle vee all helisema ja tekitas paadis samaaegselt püssirohu plahvatusel. Teine vaatlaja, kelleni vahemaa oli täpselt mõõdetud, nägi teises punktis algul püssirohu plah-



Joon. 159. Hääle kiiruse määramine vees.

vatust, alles siis kuulis läbi vettelastud kuuldetoru kella helinat. Mõlemad ajamomendid märkis ta ära sekundimõõtjaga. Pärast arvutati hääle kiirust samuti, nagu seda tehti hääle kiiruse määramisel õhus. Selgus, et hääle kiirus vees on 1450 m/sek .

Hääle kiiruse määramiseks tahketes kehades võib kasutada pikki vesivarustuse torusid. Toru ühes otsas tekitatakse hää tugeva löögiga. Hää levib üheaegselt toru oleva õhu kaudu ja

toru ennast mööda. Teises otsas kuuleb vaatleja kahte häält, algul saabub hääl toru mööda, siis õhu kaudu. Teades ajavahemikku mõlema hääle saabumise vahel, toru pikkust ja hääle kiirust õhus, on kerge arvutada hääle levimise kiirust torus. Seesuguste vaatluste järgi leiti, et hääle kiirus malmis on 10,5 korda suurem kui õhus.

Hääle kiirus mitmesugustes keskkondades:

Õhk (0°)	. . . . .	332 m/sek.
Vesi	. . . . .	1450 "
Raud	. . . . .	4900 "

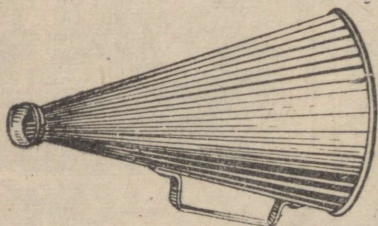
Hääle kiirus sõltub keskkonna omadustest, kus ta levib, kuid ei sõltu hääle enda omadustest. Antud keskkonnas levivad kõik hääled ühe- ja samasuguse kiirusega.

Elastsed keskkonnad juhivad häält paremini ja hääle kiirus on neis suurem kui väikese elastsusega kehaes.

86. Hääle peegeldumine. Kaja. Kui hääl kohtab oma teel mingit takistust (mäed, mets, sein jne.), siis peegeldub ta ja me kuuleme peegeldunud häält, mida nimetatakse kajaks.

Mitte iga häälepeegelduse juures pole kaja kuulda. Selleks peab olema kaugus meie ja peegeldava takistuse vahel küllalt suur.

Kui peegeldav sein on meist, oletame, 170 m kaugusel, siis kuuleme kaja sekundi pärast. Kui aga sein on 340 m kaugusel, siis on kaja kuulda 2 sekundi pärast. Kui hääl peegeldub lähe-



Joon. 160. Ruupor.

dal olevailt takistustelt, siis me kaja ei kuule, sest kaja sulab esialgse häälega ühte ja tugevdab teda. Seepärast tunduvad meile hääled siseruumis tugevamaina kui vabas õhus.

Ruupori abil (joon. 160) võib häälele anda teatud suuna. Seda kasutatakse näiteks käskluste andmisel kauge maa taha.

87. Hääle levimine õhus. Mis toimub siis õhus hääle levimisel? Teame, et õhk on elastne keha. Kui õhk kokku suruda ja siis rõhumine lõpetada, taastab õhk uuesti oma esialgse ruumala. Helisev keha paneb võnkuma õhuosakesed, mis temaga vahetult kokku puutuvad. Liikumapandud õhuosakesed suruvad naabru-

ses olevaile õhuosakestele ja panevad neid samuti võnkuma nagu helisev kehagi. Need võnked tulevad järk-järgult meie kõrvani, panevad võnkuma kuulmenaha ja me kuuleme häält.

Samal viisil kandub hääl edasi elastsete, tahkete ja vedelate kehade kaudu.

Harjutus 39.

1. Missugusel kaugusel tuleb olla peegeldavast seinast, et kuulda kaja 3 sek. järel pärast hääle tekkimist?

2. Miks kehakultuuripäevadel, millest võtab osa väga palju kehakultuurlaste rühmi, antakse käsklusi mitte häälega, vaid nähtavate signaalidega?

3. Kui kaugel toimus välgulöömine, kui kuulsime müristamist 5 sek. pärast välgu löömist?

4. Kui suur on mere sügavus, kui selle sügavuse uurimisel laeva veeluse kella hääl peale peegeldumist mere põhjas jõudis merepinnale 2,5 sek. pärast?



Vastuseid harjutustele.

- § 14. 1) 2500 G.
2) 125 G.
3) 3,784 kG.
4) 1 000 000 G.
- § 22. 3) 2,9 korda.
5) Portselanist.
6) 4 cm ja 1,4 cm.
8) Ei.
9) Alumiiniumist.
10) 1000 dm³; 900 dm³.
- § 23. 1) 89 kG.
2) 3 m³.
3) Ei.
4) 63.
5) Umbes 37 300.
6) 75 m³.
- § 27. 2) 12 mm.
3) 195 mm.
4) 40 T (vagunil on 2 puhvrit).
- § 29. 6) 0,2 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
9) 0,3 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
10) Ligikaudu 0,4 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
11) 0,018 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
12) 60 m.
13) 1000 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
- § 30. 1) 60 G.
§ 34. 1) 15 $\frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.
2) 40 $\frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.
3) 136 $\frac{\text{G}}{\text{cm}^2}$.
4) 1,0336 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
- § 35. 5) 2 cm.
§ 40. 2) Ei.
3) Ei täida.
- 5) 103,36 kG.
7) Umbes 1450 kG.
- § 41. 75 cm.
§ 43. 2) 400 m.
3) 170 mm võrra.
4) Seespool 1,033 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
Väljaspool 0,075 $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$.
- § 48. 4) 20 G.
5) 8 G.
6) 50 cm³.
7) 9,5 kG.
- § 50. 5) 38 kG.
6) 4kG.
- § 52. 1) 0,76 G.
2) 300 T.
- § 53. 1) 121 G võrra.
3) Võib.
- § 58. 2) 330 $\frac{\text{m}}{\text{sek.}}$.
3) 2 tundi 40 min.
4) 7,5 km.
- § 65. 2) 500 kGm.
3) 1 $\frac{\text{m}}{\text{sek.}}$.
4) 750 kGm.
- § 66. 1) Esimene.
2) 225 $\frac{\text{kGm}}{\text{sek.}}$.
4) 5000 $\frac{\text{kGm}}{\text{sek.}}$.
5) 100 HJ.
- § 67. 2) Ei suuda.
§ 68. 1) Oma keha poole kaaluga.
2) 50 kG; 25 kG; 50 kG.
§ 69. 4) Võib.
§ 74. 2) 2,4 kG.
§ 76. 1) 60 kGm; 3 kG.
2) 40 kG.
§ 87. 1) 498 m.
3) 1660 m.
4) 1812,5 m.

SISUKORD.

Sissejuhatus	3
------------------------	---

MEHHAANIKA ELEMENTE.

I peatükk. Lihtsaimad mõõtmised.

1. Mõõtmiste vajadus	6
2. Pikkuse mõõtmine	6
3. Joonlaud	7
4. Mõõdulint	7
5. Pikkuse mõõtmise vead	8
6. Laboratoorne töö nr. 1	8
7. Teatmeid mõõtude ajaloost	9
8. Pindalade mõõtmine	11
9. Ruumalade mõõtmine	12
10. Laboratoorne töö nr. 2	14
11. Vertikaalsiht	15
12. Horisontaalsiht	16
13. Keha kaal	17
14. Kaalu meetermõõdud	18
15. Kaalud	18
16. Väiksemad kaaluvihid	19
17. Kaalude liigid	20
18. Kaalumise reeglid	20
19. Laboratoorne töö nr. 3	20
20. Erikaal	21
21. Laboratoorne töö nr. 4	22
22. Erikaalude tabel $\frac{G}{cm^3}$ -tes	23
23. Milliseid mõõte kasutada ülesannete lahendamisel	23

II peatükk. Tahkete kehade mõningaid omadusi.

24. Tahke keha põhiomadused	25
25. Jõud	26
26. Jõu mõõtmine dünamomeetriga	27
27. Vedru gradueerimine	27
28. Jõu graafiline kujutamine	28
29. Rõhk	29

III peatükk. Vedelikud ja gaasid.

30. Rõhu edasiandmine vedelikkudes ja gaasides	33
31. Vedeliku rõhk anuma põhjale ja seintele	36
32. Manomeeter	37
33. Rõhk vedeliku sees	38
34. Vedeliku rõhu arvutamine	39
35. Uhendatud anumad	42
36. Veevärgi ehitus	45
37. Gaaside kaal	48
38. Õhurõhumine	48
39. Kuidas töötab veepump	50
40. Õhurõhu suurus	50
41. Baromeeter	52
42. Aneroidbaromeeter	55
43. Õhurõhumine mitmesugustel kõrgustel	56
44. Gaasi ruumala ja rõhk	57
45. Õhutihendusump	58
46. Õhuhõrenduspump	58
47. Vedeliku ja gaasi rõhumine neisse asetatud kehadele	59
48. Archimedese seadus	62
49. Kehade ujumine	63
50. Laboratoorne töö nr. 5	64
51. Allveelaev	66
52. Uppunud laevade ülestõstmine	66
53. Õhuasjandus	67
54. Nõukogude stratostaadid	69

IV peatükk. Liikumine ja jõud.

55. Mehhaaniline liikumine	72
56. Sirgjooneline ja kõverjooneline liikumine	73
57. Ühtlane liikumine	74
58. Ühtlase liikumise kiirus	74
59. Inerts	75
60. Hõõrdumine	78
61. Hõõrdumisjõu mõõtmine	78
62. Laboratoorne töö nr. 6	78
63. Hõõrdumise tähtsus praktikas	79
64. Kuullaagrid	80

V peatükk. Töö ja energia.

65. Töö	81
66. Võimsus	82
67. Liikumatu plokk	84
68. Liikuv plokk	85
69. Polüspast	87
70. Kang	88
71. Kangi tasakaalu tingimused	90
72. Kas kangi kasutamisel võidame töös?	92
73. Kangide näiteid tehnikas ja igapäevases elus	94
74. Pöör	96
75. Mehhaanika põhireegel	98
76. Kaldpind	99
77. Kasutegur	100

78. Laboratoorne töö nr. 7	101
79. Energia	101
80. Energia jäävuse ja muundumise seadus	102
81. Igavene jõumasin	104

VI peatükk. Algteadmisi häälest.

82. Hääle tekkimine	109
83. Tooni kõrgus	110
84. Hääle levimine	111
85. Hääle levimise kiirus	113
86. Hääle peegeldumine, Kaja	114
87. Hääle levimine õhus	114
Vastuseid harjutustele	116

Александр Васильевич Пёрышкин,
Григорий Иванович Фалеев,
Вильгельм Вильгельмович Крауклис
ФИЗИКА

Учебник для VI класса

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

Toimetaja R. Siirak

Tehniline toimetaja K. Einberg

Korrektorid A. Nurmoja ja M. Teemägi

Ladumisele antud 6. II 1958, Trükkimisele
antud 24. III 1958. Paber 60×92, 1/16.
Trükipoognaid 7,5. Arvutuspoognaid 7,17.
Trükiarv 11 000. Tell. nr. 299. Trükkikoda
«Punane Täht», Tallinn, Pikk t. 54/58.

Hind rbl. 1.45

Rbl. 1.45

A-22055

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00395184 7